قسم المساحة والخرائط

محاضرات فى
الخرائط الكنتورية

إعداد

د حسن المرسى

إهداء

أهدى هذا العمل إلى طلبة المساحة متمنياً من الله دوام التوفيق والنجاح لهم

الفهرس

الموضوع	الصفحة
مقدمة	٤
الفصل الأول : إنشاء الخريطة الكنتورية	٨
الميزانية الشبكية	٨
الميزانية الكنتورية	١٢
طريقة رسم خطوط الكنتور	٣٤
الفاصل الكنتورية	٤٢
خواص خطوط الكنتور	٤٧
الفصل الثانى : تفسير خطوط الكنتور وقراءتها	٤٩
أولاً : تحديد المنسوب	٤٩
ثانيا: حساب قيمة الإنحدار	٥١
ثالثا: تعيين أنواع المنحدرات	٥٤
رابعاً: أشكال سطح الأرض	٥٨

مقدمة:

تعتبر خرائط التضاريس من أهم الخرائط التي يستخدمها الجغرافي في دراسته لسطح الأرض. ويقسم الجغرافي مظاهر السطح إلى ظاهرات موجبة مثل الجبال والهضاب وأخرى سالبة مثل السهول والأحواض. وهو يعامل سطح الأرض في دراسته معاملة المسرح الذي تلعب عليه العوامل الجغرافية الأخرى دورها، ويتحدد فيتفاعل هذه العوامل مع بعضها ومع المسرح الشخصية الجغرافية للمكان، وهذا ما ترمي إليه الجغرافيا في النهاية.

وتبرز أهمية مظاهر السطح من وجهة النظر الجغرافية في ناحيتين:

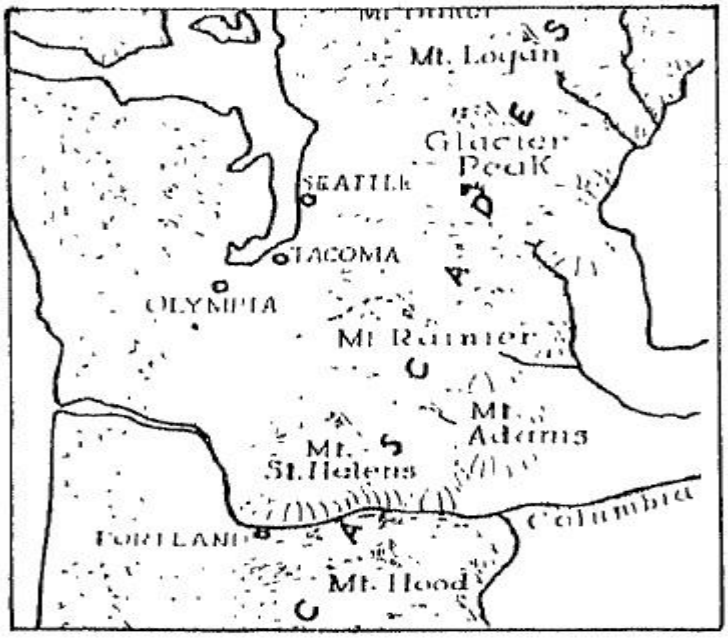
١- المنسوب: أي مدى ارتفاع وانخفاض السطح عن متوسط مستوي سطح البحر وتبرز دراسة المنسوب الظاهرات التضاريسية حتى يمكن تصنيفها، كما أنها تضفى على المكان نمطًا تضاريسيًا معينًا، ولا يخفي أيضًا ما للمنسوب من أثر على المتاح، وبالتالي يحدد نوع الحياة النباتية الطبيعية والمزروعة في المنطقة، وهذا على سبيل المثال لا الحصر.

٢- الإنحدار: يؤثر الانحدار في شكل وطبيعة جريان المياه السطحية وما يتبع ذلك من توفر هذه المياه أو قلتها من مكان لآخر، وهذا بدوره يؤثر على إمكانية استقرار وتركز الإنسان في مكان معين، كما أن للإنحدار تأثيره المباشر على ظاهرة انحراف التربة، وتأثيره على وسائل المواصلات وفي حركة الإنسان وانتقاله على سطح الأرض، ويتحدد عنصر الانحدار في معرفة قيمته أي درجته أو نسبته، واختلاف هذه القيمة على طول اتجاه معين أو في منطقة معينة يعطي أشكال المنحدرات التي لها أيضًا دورًا مؤثر على النشاط البشري.

ولقد حاول الإنسان منذ القدم تمثيل سطح الأرض على الخرائط وقد اعترضته مشكلات تمثيل المظهر ذي الأبعاد الثلاثة على اللوحة ذات البعدين، وفي سبيل ذلك ضحي ببعض النواحي الخاصة بإبراز المنسوب أو قيمة الانحدار أو شكل المنحدر، ولهذا فقد اختلف الطرق الخرائطية الخاصة برسم معالم سطح الأرض، وكل طريقة كانت تحقق شرط من شروط عناصر سطح الأرض الثلاثة، إلى أن اكتشفت طريقة خطوط الكنتور فحققت كل الشروط وقبل أن نتعرض لهذه الطريقة واستعمالاتها بالدراسة، يحسن أن نستعرض سريعًا للطرق الخراطئية الأخرى.

أولا: طريقة الرسم المنظور:

وتبين هذه الطريقة ظاهرات سطح الأرض حسب المسقط الجانبي لها (شكل ١) وهي إن دلت على مواقع تلك الظاهرة بصورة تقريبية وبينت أنماط أشكال المنحدرات بصورة تقريبية أيضًا فإنها لا تبين عنصري المنسوب وقيمة الانحدار وتعتمد هذه الطريقة على دقة ووعي الشخص الذي يقوم بها، وهي أقرب إلى الفن منها إلى الطرق العلمية التي لها أصولها وقواعدها.



شكل (١)

ثانيًا: نقط المناسيب:

نقطة المنسوب هي نقطة سجل عندها البعد الرأسي عن متوسط منسوب سطح البحر، وقد عرفنا في علم المساحة أن كل دولة تحدد نقطة يبدأ منها تسلسل القياس بين مستوى سطح البحر (مستوى للمقارنة العامة) وبين نقط أخرى بداخلها مهما طالت المسافة بينهما، وذلك عن طريق إجراء ميزانيات دقيقة لغرض تثبيت هذه النقط في الطبيعة وتحديد مناسيبها في شتي أنحاء الدولة، وتعرف هذه النقط باسم الروبيرات التي يمكن الرجوع إلهيا عند الحاجة لقياس وحساب مناسيب سطح الأرض، وتعطي هذه المناسيب تحديدًا دقيقًا لارتفاع وانخفاض سطح الأرض عن متوسط منسوب سطح البحر، ولكنها لا تعطي الإحساس بمدي تضرس هذا السطح وعليه فلا يمكن اعتبار نقط المناسيب هدفاً نهائيًا لتمثيل سطح الأرض على الخرائط، ولكن يمكن النظر إليها كمرحلة أولى في إبراز هذا السطح بطرق خرائطية أخرى.

ثالثًا: خطوط الهاشور:

وهي عبارة عن خطوط تختلف في سمكها وطولها وكثافتها تبعًا لاختلاف قيمة الانحدار وشكل المنحدر فهي تقل وتتباعد ويزداد طولها ويقل سمكها في المناطق بطيئة الانحدار، وينعدم وجودها تمامًا إذا كان سطح الأرض مستويًا سواء كان هذا السطح قمة جبل أو قاع حوض، فتظهر المنطقة بدون تشهير وتظهر المناطق شديدة الانحدار جدًا والمنحدرات حائطية الشكل على شكل مساحات سوداء (شكل ٢).

وتعتبر خطوط الهاشور نوعًا من أنواع التظليل وتستخدم لتتعطي الإحساس بمدى تعقد التضاريس ولكن ليس على أساس مساحي دقيق ولذا فإنه عدد تنفيذ هذه الطريقة يجب أن يسبقها علم تام بطبيعة سطح الأرض، وهذه الخطوط وإن كانت تعطي انطباعًا سريعًا وواضحًا عن التضاريس وتبين تفاصيل دقيقة لا توضحها الخرائط التضاريسية الأخرى خاصة التفاصيل التي لها أهمية خاصة

في الدراسات الجيومورفولوجية، وتبين شكل المنحدر إلا أنها لا تبين قيمته ولا يمكن عند استخدامها وحدها أن تحدد مدى الارتفاع والانخفاض عن متوسط سطح البحر، ولهذا يكثر عند استخدامها وضع عديد من نقط المنسوب فوق المرتفعات لإبرازها وفي بطون الأودية وقيعان الأحواض للدلالة عليها، كما أن كثيرًا ما تطفي خطوط الهاشور على المعالم الطبوغرافية للمنطقة التي تمثلها الخريطة خاصة إذا كانت مطبوعة باللون الأسود فقط، هذا إلى جانب صعوبة رسمها إذ إنها تحتاج إلى مهارة خاصة يندر توفرها بين صناع الخرائط.

شكل (٢)

ويرجع استخدام خطوط الهاشور كوسيلة لتمثيل تضاريس سطح الأرض إلى عهد بعيد، ولكن الذي وضع الأسس العلمية لها الخرائطي الألماني ليمان Lehman في نهاية القرن الثامن عشر وقد افترض ليمان سقوط الضوء على التضاريس الأرضية من أعلى، ومن ثم فإن المنطقة المستوية المسطحة تظهر باللون الأبيض لأنها تتمتع بكمية كبيرة من الضوء أما المناطق المنحدرة فإنها تأخذ ظلالاً داكنة تزداد مع زيادة درجة انحدار سطح الأرض، ويمثل انحدار سطح الأرض خطوط متوازنة تتبع في انحدارها الاتجاه الذي تنحدر إليه المياه السطحية.

رابعًا: خطوط الكنتور:

على الرغم من أن طريقة خطوط الكنتور قد استخدمت لتمثيل سطح الأرض لأول مرة في القرن الثامن عشر عام ١٧٩١، إلا أنها مازالت تستخدم أكثر من غيرها في الوقت الحاضر بل أنه في كثير من الأحيان لا يستخدم غيرها، وخط الكنتور هو خط متساوي القيمة يمر ويربط نقط متساوية في قيمة منسوبها ويتم إنشاء الخريطة الكنتورية على أساس نقط المناسيب سالفة الذكر ولكن يشترط أن تكون هذه النقط كافية لإمكان تمثيل المظهر الحقيقي لأشكال سطح الأرض، خاصة إذا كانت المنطقة شديدة التضرس، وتمتد خطوط الكنتور على شكل حلقات على أبعاد أفقية متفاوتة، وتتقارب أو تتباعد لتعطي أنواعًا من المنحدرات وتستقيم وتتثني داخل بعضها البعض بأوضاع متباينة فتبين ظاهرات متنوعة من أشكال سطح الأرض وصورها مثل الأودية والحافات والبروزات والثغرات والممرات والهضاب والجبال والتلال وغير ذلك من مظاهر سطح الأرض الموجبة والسالبة وهي في كل حالة تعطي مستوى أفقي على منسوب معين بالنسبة لمتوسط منسوب سطح البحر الذي يضمه خط كنتور صفر أو خط الساحل.

الفصل الأول
إنشاء الخريطة الكنتورية

تنشأ الخريطة الكنتورية عن طريق لوحة المناسيب، التي يتم إعدادها عن طريق عمليات مساحية تعرف بالميزانية الشبكية التي تهدف إلى تعيين مناسيب نقط على سطح الأرض ورفعها ثم توقيعها.

الميزانية الشبكية

تهدف الميزانية الشبكية إلى تحديد مناسيب مجموعة من النقط يمكن عن طريقها رسم خرائط تبين شكل سطح الأرض بعناصره المختلفة، وتسمي هذه الخرائط بالخرائط الكنتورية، وتختلف طرق تنفيذ الميزانية الشبكية اختلاف شكل سطح الأرض ومدى تباينه ارتفاعًا وانخفاضًا من ناحية وحسب الدقة المطلوب إظهار الخريطة النهائية بها من ناحية أخرى، وهذه الطرق هي:

١- طرقة المربعات أو المستطيلات أو المعينات.

٢- طريقة الإشعاع.

٣- طريقة النقط المبعثرة.

٤- الطريقة المباشرة.

وباختلاف هذه الطرق تختلف الأجهزة المستخدمة في تنفيذ أي منها، وعلى هذا الأساس يمكن أن نقسم الميزانية الشبكية تبعًا للجهاز المستخدم إلى:

١- ميزانية تجري بجهاز الميزان.

٢- ميزانية تجري بجهاز البلانشيطة.

الميزانية الشبكية بجهاز الميزان

يستعمل جهاز الميزان مع بعض الأدوات المساحية في تنفيذ الميزانية الشبكية بطريقة المربعات أو المستطيلات وتعتبر هذه الطريقة أفضل الطرق التي تصلح للأراضي المستوية التي لا يختلف فيها منسوب سطح الأرض كثيرًا في حدود من ١٠ إلى ١٢ مترًا تقريبًا، وفي الأراضي محدودة المساحة كما في المزارع ومناطق استصلاح الأراضي وتنفيذ بالخطوات الآتية:

١- يجري عمل مضلع حول المنطقة وتحديد أركانها إذ كانت حدودها غير مرسومة على خريطة سابقة أو غير واضحة على الطبيعة.

٢- ينتخب خطًا يكون قريبًا وموازيًا إلى حد ما الأصول حد من حدود المنطقة (مثل أ ب)، وينقسم إلى مسافات متساوية بين ١٠، ٥٠ مترًا حسب طبيعة الأرض والدقة المطلوبة، يثبت في نقط التقسيم أوتادًا خشبية تعطي لها حروف أبجدية جـ، د، هـ .. الخ.

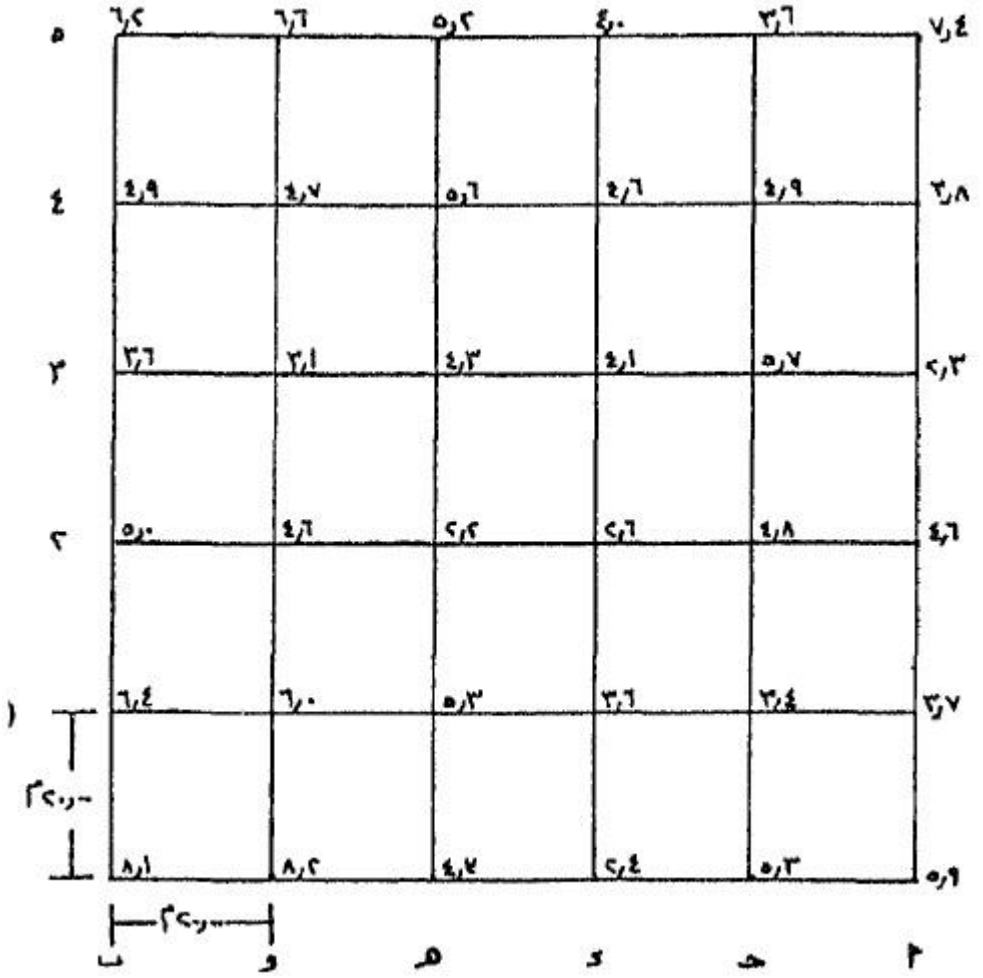
٣- تقام أعمدة من نقط لتقسيم بأي طريقة مناسبة من طرق إقامة الأعمدة حسب اتساع المنطقة، وتقسم هذه الأعمدة إلى مسافات متساوية وهذه المسافات إما إذ تتساوي مع المسافات المقسم إليها الخط أ ب أو لا تتساوي معها، وينتج في حالة التساوي شبكة من المربعات وفي الحالة الثانية شبكة من المستطيلات، وتسمي نقط التقسيم على هذه الأعمدة بأرقام ١، ٢، ٣.. إلخ على كل عمود، وبذلك فإن أي نقطة في الشبكة يمكن تسميتها بحرف ورقم مثل جـ٣، د٤، و٥ (شكل ٣).

٤- يرسم كروكي لهذه الشبكة ويسجل عليه النقط كلها.

٥- تجري ميزانية طولية للخط أ ب لتعيين مناسيب الأوتاد، وذلك عن طريق ربط هذا الخط بنقطة روبير قريبة، ويتم تصحيح المناسيب بعد رصدها وحسابها ذهابًا وعودة، مرة على يمين الخط في الذهاب والأخرى على يساره

في العودة، ويراعي في هذه الميزانية أن يوضع الجهاز في منتصف المسافة تقريبًا بين المقدمة والمؤخرة.

٦- يوضح الميزان في مكان مناسب يمكن منه رؤية أكبر عدد من نقط أركان الشبكة وتؤخذ قراءة مؤخرة على وتد من أوتاد الخط أ ب المحسوب منسوبه بدقة، يعين منسوب سطح الميزان وترصد القامة الموضوعة على الأركان واحدًا بعد الآخر وبحسب منسوبها بطرح كل قراءة من منسوب سطح الميزان، وبذلك يتم الحصول على مناسيب الأركان التي تسجل مباشرة على الكروكي وبدون عمل جدول ميزانية.



شكل (٣)

الميزانية الشبكية بجهاز الميزان

٧- يمكن عمل جدول ميزانية بحيث يكتب في خانة رقم النقطة الأرقام ١، ٢، ٣، .. وفي خانة الملاحظات رقم العمود جـ، د، هـ، ....

٨- من الطبيعي أن لا تنطبق حدود الأرض على حدود شبكة المربعات أو المستطيلات، لذا يجب حساب مناسيب سطح الأرض عند نقط تقاطع الحدود مع الأعمدة أو التي على امتداد الأعمدة.

الميزانية الشبكية بجهاز البلانشيطة

(الميزانية الكنتورية)

يستعمل جهاز البلانشيطة عند تنفيذ١ هذه الميزانية بطرق الإشعاع والنقط المبعثرة والمباشرة، وتتبع أي من هذه الطرق في المناطق التالية أو المرتفعة التي تمتد امتدادًا كبيرًا، ويسبق إجراء الميزانية الشبكية بهذا الجهاز تشكيل مضلع (ترافيرس) مقفل يحيط بالمنطقة المراد إجراء الميزانية لها من الداخل أو الخارج أو مضلع مفتوح حسب طبيعة المنطقة بواسطة البلانشيطة أو بجهاز آخر دقيق مثل التيودوليت، ويصحح هذا الترافيرس ويضبط ويوقع على لوحة من الورق معامل تمددها ضئيل، ويتم حساب مناسيب نقط رؤوس الضلع بدقة.

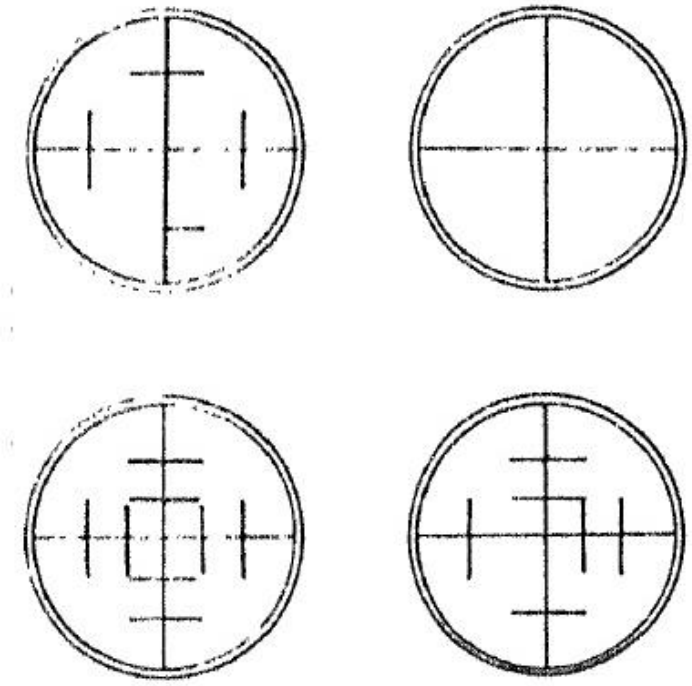
يتم تحديد مواقع نقط القمامة في هذه الطرق باتجاه ومسافة ويحدد الاتجاه بواسطة الأليداد عن طرق خط النظر الذي يصنعه منظاره، أما المسافة فتقاس عن طريق شعرات الأستاديا بالطريقة التاكيومترية.

وقبل تناول طرق إجراء الميزانية الشبكية بالبلانشيطة بالشرح يجب معرفة كيفية قياس المسافات وحساب المناسيب في الطبيعة بواسطة المناظير ذات التطبيق الداخلي وهي مناظير أجهز الميزان واليداد البلانشيطة والتبودوليت.

١- قياس المسافات باستخدام شعرات الاستاديا:

أ- في حالة المنظار أفقيًا أي خط النظر عموديًا على القامة:

عند النظر في العدسة العينية للمنظار (في الميزان أو في الأيداد أو في التيودوليت) نرى شعرتين متعامدتين رئيسيتين، إحداهما أفقية والأخرى رأسية، كما توجد شعرتين أفقتين ثانويتين توازيان الشعرة الأفقية الرئيسية (وفي بعض الأجهزة ثلاث شعرات وفي بعضها أربع، وكذلك بالنسبة للشعرات الرأسية فتوجد شعرتين رأسيتين ثانويتين توازيان الشعرة الرئيسية وأحيانًا ثلاث وأحيانًا أربع، وتبعد هذه الشعرات عن بعضها البعض بمسافات متساوية (شكل ٤) ويطلق على تلك الشعرات اسم شعرات الاستاديا وهي عبارة عن خيط عنكبوت مشدود في إطار معدني أو عبارة عن خطوط دقيقة محفورة على حامل زجاجي ذي إطار معدني مثبت بالقرب من العدسة العينية يسمي بحامل الشعرات.



شكل (٤)

حامل الشعرات، وشعرات الأستاديا

وقد رتبت هذه الشعرات على أساس أن المسافة بين الشعرتين العليا والسفلي في حالة الشعرات الأفقية أو اليمني واليسري في حالة الشعرات الرأسية على قامة مدرجة تتناسب بنسبة ثابتة مع المسافة بين المنظار والقامة غالبًا ما تكون ١: ١٠٠ أي أن كل متر من التقاطع على القامة يقابل مسافة أفقية قدرها مائة متر تقريبًا ويسمي الرقم ١٠٠ بمعامل فترة الأستاديا أو الثابت التاكيومتري.

معامل فترة الأستاديا (الثابت التاكيومتري):

فترة الأستاديا هي الفرق بين قراءتي شعرتي الاستاديا العليا والسفلي، وهي تختلف باختلاف بعد القامة عن المنظار فتكون مترين إذا كانت القامة على مسافة ٢٠٠ متر من المنظار، وتكون ١.٨٦م إذا بعدت القمامة مسافة ١٨٦م وبذلك يمكن أن تعريف معامل فترة الأستاديا أو الثابت التاكيومتري بأنه الرقم الذي إذا ضربت فيه فترة الأستاديا المقطوعة على القامة كان الناتج هو المسافة التي تبعدها القامة عن المنظار وهو في العادة ١٠٠ كما ذكر من قبل غير أنه رقم قريب جدًا من المائة وليس مائة تمامًا، فقد يكون ٩٩ أو ١٠١ مثلاً، ولكن في المادة يعتبر ١٠٠ إذ يمكن إهمال الخطأ الناتج عن هذا التقريب عند قياس المسافات وفي كثير من الأجهزة يحفر عليها قيمة هذا المعامل، وفي بعضها يمكن التحقق منه ومعرفته وذلك بالخطوات الآتية:

١- يثبت الجهاز (ميزان – البداد – ليودوليت) على أرض مستوية تقريبًا وممتدة لمسافات كبيرة نسبيًا ٢٠٠ متر مثلاً.

٢- من نقطة تقع مباشرة تحت بؤرة العدسة الشيئية (٣٠ سم من مركز دوران الجهاز الذي يحدده خيط الشاغول) يحدد خط طوله ٢٠٠ مترًا بشريط من صلب ويعين عليه المسافات ٤٠، ٨٠، ١٢٠، ١٦٠، ٢٠٠ مترًا وذلك بغرس شركة عن نقط التقسيم.

٣- توضع قامة رأسية عند نقط التقسيم وتقرأ فترة االأستاديا عند كل منها فتكون كالآتي ٣٩.٤، ٧٩.٨، ١١٨٢، ١٥٧.٦، ١٩٦.٧ سم عند المسافات ٤٠، ٨٠، ١٢٠، ١٦٠، ٢٠٠ مترًا على الترتيب.

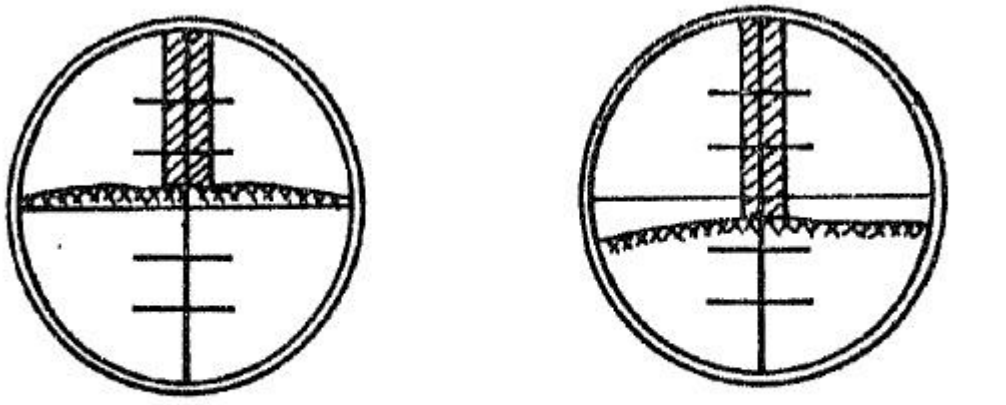
٤- لحساب معاملفترة الأستاديا (الثابت التاكيومتري) يجري الآتي:

مجمـوع فتـرات الأسـتاديا = ٢٩.٤ + ٧٩.٨ + ١١٨.٢ + ١٥٧.٦ + ١٩٦.٧ = ٥٩١.٧ سم = ٥.٩١٧م.

معامل فترة الأستاديا= $\frac{٦٠٠}{٥.٩١٧}$ = ١٠١.٤ تقريبًا

وعلى ذلك إذا بعدت القامة عن الجهاز مسافة ١٠١.٤ مترًا كانت فترة الأستاديا التي تقرأ على القامة هي مترًا واحدًا.

وتزداد فترة الأستاديا كلما زاد بعد القامة عن الجهاز حتى تتعدي الطول الكلي للقامة (٤م)، لذا يمكن استخدام نصف فترة الأستاديا أي الفرق بين الشعرتين العليا والوسطي أو بين الشعرتين الوسطي والسفلي لايجاد المسافة، وبالمثل إذا كانت المسافة بعيدة جدًا فقد تستخدم ربع فترة الأستاديا متي كانت قوة عدسات الجهاز تسمح بذلك كما في شكل (٥).



فترة الأستاديا = قراءة نصف الفترة × ٢ فترة الأستاديا = قراءة ربع الفترة × ٤

شكل (٥)

نخلص مما سبق أنه يمكننا قياس خط بين نقطتين يوضع أي جهاز مساحي مزود بمنظار به حامل شعرات ذي تطبيق داخلي عند طرف الخط ووضع قامة رأسية عند الطرف الآخر وقراءة فترة الأستاديا ثم تضرب هذه الفترة في المعامل (وهو في العادة ١٠٠) فينتج طول الخط، ولكن هناك شرط هام هو أن يكون المنظار أفقيًا تمامًا.

ولكن قد يحدث عند التسوية الأفقية لمنظار جهاز به الشعرات العليا والوسطي والسفلي فقط أن تقع الشعرة الوسطي خارج القامة بمسافة صغيرة في حين تظل الشعرة العليا أو السفلي متقاطعة معها عند قراءة معينة، ولمعرفة قراءة الشعرة الوسطي حتى يمكن حساب المسافة يتبع الآتي:

الحالة الأولي: القراءة على شعرة الأستاديا السفلي (شكل ٦).

إذا تقاطعت شعرة الأستاديا السفلي فقط مع القامة عند تسوية أفقية المنظار يمكن معرفة قراءة الشعرة الوسطي بالطريقة الآتية:

١- يخفض المنظار إلى أسفل حتى يمكن قراءة فترة الأستاديا بين الشعرتين العليا والسفلي، ويلاحظ في هذه الحالة أن المنظار غير أفقي.

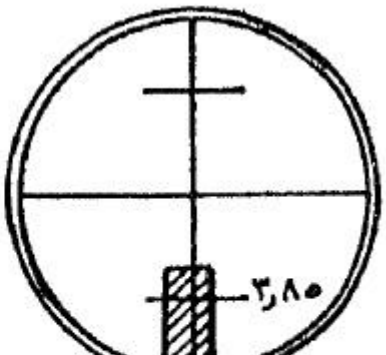
٢- يعاد تسوية أفقية المنظار مرة أخرى وتقرأ تقاطع الشعرة السفلي مع القاعدة.

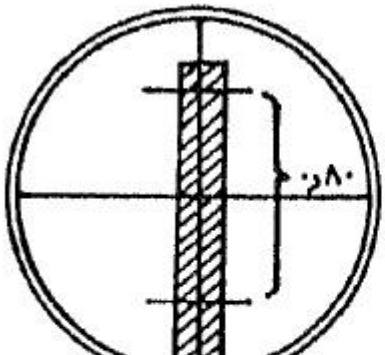
٣- قراءة الشعرة الوسطي = قراءة الشعرة السفلي + نصف فترة الأستاديا.

مثال: فترة الأستاديا في حالة عدم أفقية المنظار = ٠.٨٠م.

قراءة الشعرة السفلي قرب نهاية القامة عدد تسوية الأفقية = ٣.٨٥م.

∴ قراءة الشعرة الوسطي = ٣.٨٥ + ٠.٤٠ = ٤.٢٥م





شكل (٦)

:. المسافة الأفقية = (٤.٢٥- ٣.٨٥ × ٢ × معامل فترة الأستاديا أو الثابت التاكيومتري.

الحالة الثانية: القراءة على شعرة الأستاديا العليا (شكل ٧):

إذا كانت النقطة التي تقف عليها القامة أعلى قليلاً من المستوى الأفقي للمنظار فإذا الشعرة الوسطي عند تسوية أفقية المنظار لن تتقاطع مع القامة بل تتقاطع الشعرة العليا من شعرات الأستاديا، ويمكن حساب قراءة الشعر الوسطي كما يلي:

١- يرفع المنظار إلى أعلي حتى يمكن قراءة فترة الأستاديا بين الشعرتين العليا والسفلي (المنظار مائل).

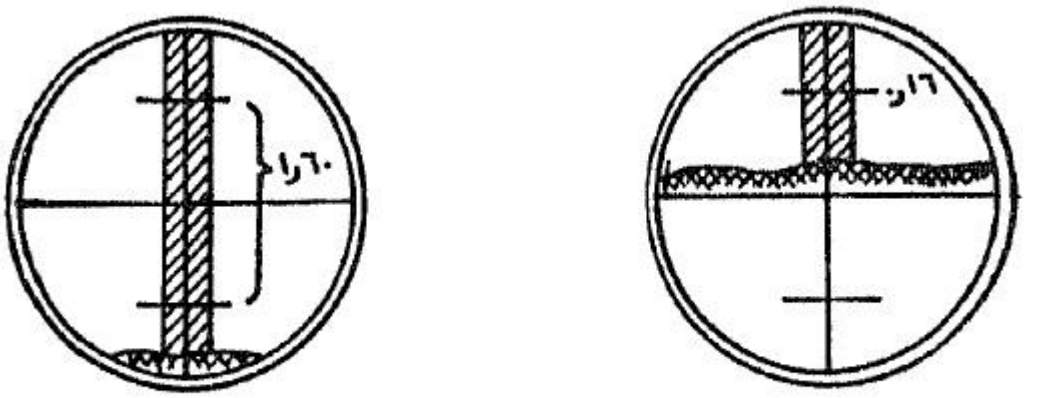
٢- تعادل تسوية أفقية المنظار مرة أخرى وتقرأ تقاطع الشعرة العليا مع القامة.

٣- قراءة الشعرة الوسطي= قراءة الشعرة العليا – نصف فترة الأستاديا.

مثال: فترة الأستاديا في حالة عدم أفقية النظار = ١.٦٠م.

قراءة الشعرة العليا = ٠.١٦م.

قراءة الشعرة الوسطي = ٠.١٦ – ٠.٨٠ = -٠.٦٤



قراءة الشعرة العليا والمنظار أفقي = ٠,١٦ قراءة فترة الأستاديا والمنظار مائل = ١,٦٠

شكل (٧)

∴ المسافة الأفقية = (– ٠.٦٤ – ٠.١٦) × ٢ × معامل فترة الأستاديا أو الثابت التاكيومتري.

ملحوظة:

يمكن إجراء العمليات السابقة عند استخدام الميزان لقراءة الشعرة الوسطي إذا كان الضبط الداخلي الدقيق سيؤدي إلى عدم تقاطع هذه الشعرة مع القامة.

ب- في حالة المنظار مائلاً أي أن خط النظر مائلاً على القامة:

يضطر في كثير من الأحيان عند قياس مسافة ما إلى قياس زاوية رأسية لقراءة فترة الأستاديا وذلك لوقوع القامة أعلى أو أسفل المستوي الأفقي للمنظار بفارق كبير، وفي هذه الحالة تعتبر المسافات بين الجهاز والقامة والمحسوبة من حاصل ضرب فترة الأستاديا في الثابت التاكيومتري مسافات مائلة غير صحيحة يجب تصحيحها ثم تعديلها حتى تعبير أفقية، حيث أن الأبعاد التي يجب توقيعها على اللوحة المستوية ينبغي أن تكون أفقية أي مقامة على المستوي الألفي، وفي الواقع فإن هذه المسافات الأفقية عبارة عن قواعد مثلثات قائمة الزوايا أوتارها هي المسافات المائلة المصححة، وأطوال أوتار تلك المثلثات قريبة جدًا من أطوال قواعدها إذا

كانت زوايا رؤوسها لا تزيد عن أربع درجات ولا تجري أي تصحيحات باعتبار أن الفرق بين طول الوتر وطول القاعدة صغير يمكن إهماله، أما في حالة الأرصاد التي تزيد زوايا رؤوس مثلثاتها عن أربع درجات فلا يد من استخدام المعادلة الآتية:

ف = هـ × ث × جتا^{٢} ل^{٨}

حيث:

ف= المسافة الأفقية.

هـ= فترة الأستاديا.

ث= الثابت التاكيومتري.

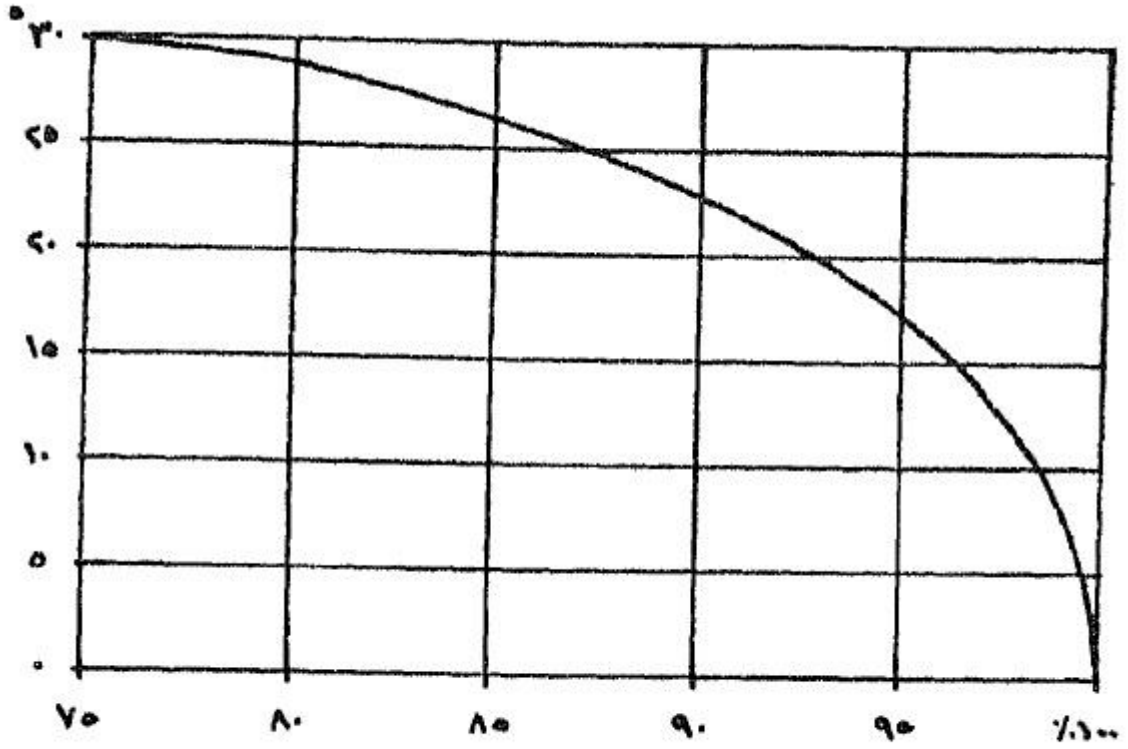
ل^{٨}= الزاوية الرأسية.

ولكن عدد القيام بعدد كبير من الرصدات يكون حساب المسافات الأفقية عن طريق تلك المعادلة غير عملي خاصة وأن العمل والبلانشيطة يعتمد على توقيع النقط أثناء عملية الرصد لذلك يستخدم جدول تصحيح المسافات (ملحق رقم ١) وهو محسوب لكل ١٠٠م حتى زاوية رأسية قدرها ٦٠ ٣٠°، وهذا الجدول مقسم إلى خانات رأسية هي الزوايا من صفر° إلى ٣٠° وإلى حقول أفقية هي الدقائق بفاصل قدره ٢ دقيقة، ومعامل التصحيح لـ ١٠٠ م هو القيمة عند تقاطع قراءة الزاوية (رأسيا) مع قراءة الدقائق (أفقيًا)، ويضرب هذا المعامل بعد قسمته على ١٠٠ في حاصل ضرب فترة الأستاديا في الثابت التاكيومتري على سبيل المثال إذا كانت قراءة شعرات الأستاديا والزاوية الرأسية كالتالي:

عليا	وسطي	سفلي	الزاوية الرأسية	(ل^{٨})
٣.٢٦	٢.٠٠	٠.٧٤	+٢٨	١٠°

فإن المسافة الأفقية عن طريق جداول التصحيح = (٣.٢٦- ٠.٧٤) × ١٠٠ × ٩٦.٧٠ = ٢ ٢ × ١٠٠ × ٠.٩٦٧٠ = ٢٤.=٢٤٣.٦٨٤م

كما يمكن استخدام مقياس تصحيح المسافات وهو على شكل منحنى بياني بين العلاقة بين معامل تصحيح المسافة والزاوية الرأسية (شكل ٨).



معامل تصحيح المسافة المائلة إلى أفقية

(شكل (٨)

٢- حساب المنسوب باستخدام شعرات الأستاديا:

أ- في حالة المنظار أفقيًا أي خط النظر عموديًا على القامة:

يصنع خط النظر المار بالشعرة الأفقية الوسطي مستوً أفقيًا موازيًا لمستوي المقارنة يعرف بمستوي سطح الجهاز، ويمكن معرفة منسوب هذا المستوى عن طريق جمع منسوب المحطة التي يقف فوقها الجهاز على ارتفاع المحور الأفقي للمنظار والذي يرمز له بالرمز (ع)، وينخفض منسوب النقطة التي تقف عليها القامة

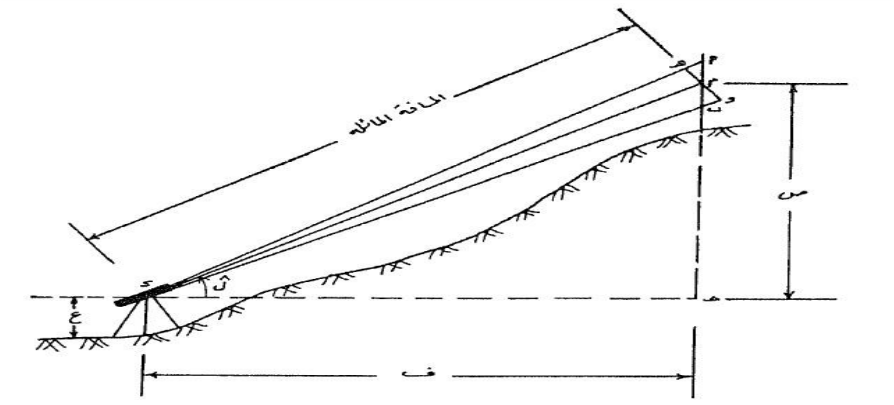
عن مستوى سطح الجهاز بمقدار قراءة الشعرة الوسطي على القامة، وبالتالي يتم الحصول على منسوب النقطة التي تقف عليها القامة بالمعادلة التالية:

منسوب النقطة = منسوب المحطة التي يقف فوقها الجهاز + ارتفاع الجهاز (ع) – قراءة الشعرة الوسطي.

ب- في حالة المنظار مائلاً أي خط النظر مائلاً على القامة:

تستخدم طريقة شعرات الأستاديا في قياس فرق المنسوب بين المحطة التي يقف فوقها الجهاز وأي نقطة مرصودة تقف عليها القامة، وتعتمد الطرقة أساسًا على أن تكون القامة في وضع متعامد على خط النظر المار بالشعرة الأفقية الوسطي واستخدام فترة الأستاديا في حساب ذوق المنسوب، ولكن عمليًا لا يمكن وضع القامة متعامدة على خط النظر بل تكون رأسية وبالتالي مائلة على خط النظر.

وبذلك ينتج خطًا في حساب المسافات الأفقية وفروق المناسيب، ويزداد هذا الخط بزيادة الزاوية الرأسية التي يصنعها المنظار مع المستوى الأفقي، ويبين (شكل ٩) القواعد الخاصة بالأستاديا.



شكل (٩)

أ ب = فترة الأستاديا والقامة رأسية أي مائلة على خط النظر (د.م) المار بالشعرة الأفقية الوسطي، والتي يمكن تحديدها من قراءة الشعرتين العليا والسفلي على القامة مباشرة.

هـ و = فترة الأستاديا والمقامة متعامدة على خط النظر المار بالشعرة الأفقية الوسطي ولا يمكن تحديدها مباشرة.

ل^ = الزاوية الرأسية التي يصنعها منظار الجهاز مع المستوي الأفقي وهي جـ د^ م وتساوي الزاوية أ ^م هـ وتساوي الزاوية ب ^م و وهما الزاويان المحصورتان بين القامة في وضعها الرأسي والقامة في وضعها العمودي الافتراضي.

د جـ = المسافة الأفقية بين المحطة التي يقف فوقها الجهاز والنقطة التي تقف فوقها القامة.

م جـ = فوق المنسوب بين مستوي سطح الجهاز وقراءة الشعرة الأفقية الوسطي على القادة.

هـ و = أ ب جتا ^ل = هـ م + م و حيث

هـ م = أ م × جتا ^ل

، م و = م ب × جتا ^ل وبالجمع

هـ و = أ ب × جتا ^ل

د م (المسافة المائلة) = هـ و × الثابت التاكيومتري

= أ ب × جتا ^ل × الثابت التاكيومتري

د جـ (المسافة الأفقية) = د م × جتا ^ل

= أ ب × جتا ^ل × الثابت التاكيومتري × جتا ^ل

= أ ب (فترة الأستاديا) × الثابت التاكيومتري × جتا ^ل × جتا ^ل

= فترة الأستاديا × الثابت التاكيومتري × جتا^{٢} ^ل = هـ × ث × جتا^{٢} ^ل

م جـ = د م × جا ^ل

= أ ب × الثابت التاكيومتري × جتا ^ل × جا ^ل

= هـ × ث × جتا^ ل^ × جا ل^

ولكن جتا ل^ × جا ل^ = ١/٢ جا٢ ^ل

ويمكن الحصول على م جـ عن طريق المسافة الأفقية د جـ

م جـ = د جـ × ظا ل^

ويطلق على م جـ (فوق المنسوب) أو الرمز (ص)، د جـ (المسافة الأفقية) والرمز (ف)

:. ص = ف × ظا ل^

و ص = هـ × ث × جتا ل^ × جا ل^

و ص = هـ × ث × ١/٢ جا ٢ ل^

يلاحظ بالنسبة لفرق المنسوب (ص) أن هذا الفرق هو بالنسبة للمحور الأفقي للمنظار وليس النقطة التي يقف فوقها الجهاز مباشرة على سطح الأرض، أي أن فرق المنسوب (ص) يمثل فوق المنسوب بين المحور الأفقي للجهاز ونقطة تقاطع الشعرة الأفقية الوسطي مع القامة، ولذلك عند حساب المنسوب النهائي للنقطة التي تقف عليها القامة يجب أن يوضع في الاعتبار هاتين الملحوظتين.

ومعادلة حساب منسوب النقطة هي:

منسوب النقطة = منسوب المحطة التي يقف فوقها الجهاز + ارتفاع الجهاز (ع) ± ص – قراء الشعرة الوسطي.

وتختلف الإشارة الجبرية لفرق المنسوب (ص) حسب الزاوية الرأسية للمنظار فتكون موجبة (+) إذا كانت زاوية ارتفاع أي المنظار مائلاً إلى أعلي، وسالبة (–) إذا كانت زاوية انخفاض أي المنظار مائل إلى أسفل.

وهناك جداول تبين فرق المنسوب وهو محسوب لكل ١٠٠ م حتى زاوية رأسية قدرها ٦٠ ً ٣٩° (ملحق رقم ٢). وهذا الجدول مقسم أيضاً إلى خانات رأسية من صفر° إلى ٣٩° وإلى حقول أفقية هي الدقائق بفاصل قدره ٢ دقيقة. وقيمة (ص) المقابلة لـ١٠٠م هي القيمة عند تقاطع قراءة الزاوية (رأسياً) مع قراءة الدقائق (أفقياً)، ويضرب هذا المعامل بعد قسمته على ١٠٠ في حاصل ضرب فترة الأستاديا في الثابت التاكيومتري. ففي المثال السابق (صفحة ٣٧) تكون:

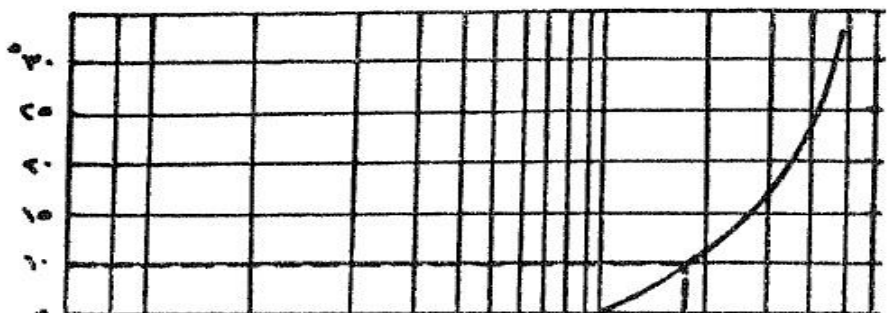
ص= (٣.٢٦– ٠.٧٤) × ١٠٠ ١٧.٨٦ = ٢.٥٢ ×١٠٠× ٠.١٧٨٦=

٤٥.٠٠١م

١٠٠

ولأن الزاوية الرأسية زاوية ارتفاع وإشاراتها موجبة (+) فإن قيمة ص تأخذ نفس الإشارة (ص = + ٤٥.٠٠م).

وقد جرى تفريغ هذه الجداول في شكل منحنى بياني نصف لوغاريتيمي (شكل ١٠) يبين العلاقة بين الزوايا الرأسية (على المحور الرأسي الحسابي) وقيمة (ص) لكل ١٠٠م (على المحور الأفقي اللوغاريتمي)، ومنه يمكن تعيين قيمة (ص) لأي زاوية رأسية مقابلة لمسافة ١٠٠م، وبضرب هذه القيمة في فترة الأستاديا المقروءة على القامة ينتج قيمة (ص) المطلوبة. فإذا كانت الزاوية الرأسية ١٠° مثلاً فإن فرق المنسوب المقابل لها على المنحنى هو ١٧.٤م، وإذا كانت فترة الأستاديا ١.٦م فإن (ص) المطلوبة = ١.٦ × ١٧.٤ = ٢٧.٨٤م. ويلاحظ أن المنحنى يتجه موازياً للمحور الرأسي (محور الزوايا الرأسية) للزوايا التي تزيد عن ٤٠°.



شكل (١٠)

طريقة أخرى لحساب فرق المنسوب:

تعرف هذه الطريقة باسم طريقة التدريج، وهي تعتبر من أسرع وأدق الطرق في حساب فرق المنسوب في الأراضي محدودة التضرس والرصدات خفيفة الميل أي أن قيمة الزاوية الرأسية محدودة نسبياً. وتعتمد هذه الطريقة على قياس عدد فترات الأستاديا التي من خلالها يرفع أو يخفض المنظار لتقرأ الشعرة الوسطى ارتفاع معين على القامة. ولإيجاد فرق المنسوب بين نقطة القامة وسطح المنظار بهذه الطريقة يتبع الآتي:

١- تقرأ فترة الأستاديا على القامة والمنظار في وضع مائل، ثم يسوى المنظار أفقياً تماماً. وبالرصد خلال المنظار يلاحظ أن الشعرات لا تتقاطع مع القامة بل تتلاقى مع بعض تضاريس المنطقة.

٢- يلاحظ تقاطع الشعرة العليا مع أي نقطة مميزة على سطح الأرض ولتكن قطعة حجر مثلاً.

٣- باستخدام مسمار الحركة البطيئة للمنظار يحرك المنظار إلى أعلى حتى تتقاطع الشعرة السفلى مع نفس النقطة المميزة السابق الرصد عليه في البند

٢ فيكون المنظار قد تحرك مقدار استاديا كاملة إلى أعلى. ثم يلاحظ تقاطع الشعرة العليا مع هدف آخر.

٤- يحرك المنظار بمسمار الحركة البطيئة حتى تتلاقى الشعرة السفلى مع الهدف الآخر في البند ٣ فيكون قد تحرك فترة استاديا كاملة أخرى إلى أعلى. ويكرر العمل عدد من المرات حتى تتقاطع الشعرة الوسطى مع القامة وتؤخذ قراءة القامة عليها.

٥- فرق المنسوب = فترة الاستاديا × عدد المرات – قراءة الشعر الوسطى (شكل ١١).

مثال: فترة الاستاديا = ١.٦٥م.

عدد المرات = ٤.٠٠.

قراءة الشعر الوسطى = ٠.٦٠م.

:. فرق المنسوب بين نقطة القامة وسطح المنظار = ١.٦٥× ٤.٠٠- ٠.٦٠ = ٦.٠٠م.

٦- لا يشترط عند استخدام طريقة التدريج أن يكون الهدف الذي يستخدم في إيجاد عدد فترات الأستاديا قريباً من نقطة القامة طالما يكون في حدود الرؤية والتطبيق الدقيق. ولكن عندما تكون خطوط النظر قصيرة يراعى أن يكون الهدف المستخدم قريباً قدر الإمكان من نقطة القامة، ذلك لأن خطأ التطبيق في خطوط النظر القصيرة يكون أقل مدى منه في خطوط النظر الطويلة.

استخدام نصف فترة الأستاديا في طريقة التدريج:

عند استخدام طريقة التدريج في إيجاد فرق المنسوب في المسافات الطويلة قد يكون الطول الكلي للقامة أقل من فترة الأستاديا، لذلك عند تحريك فترة الأستاديا الأخيرة قد تتعدى الشعرات القامة، لذا يجب تحريك الفترة الأخيرة نصف فترة أستاديا بدلاً من فترة كاملة، وبذلك تقع شعرات الأستاديا على القامة وتقرأ شعرة الأستاديا الدالة على ربع الفترة. وتستنتج قراءة الشعرة الوسطى بمعلومية فترة الأستاديا كما في المثال التالي:

طول القمة: ٤م.

فترة الأستاديا: ٩.٨٤ (بقراءة ربع فترة الأستاديا ثم ضربها × ٤).

عدد فترات الأستاديا التي تحركها المنظار من الوضع الأفقي = ٤.٥ مرة.

قراءة شعرة الأستاديا للربع العلوي = ١.٥٢م.

∴ قراءة الشعرة الوسطى = ٩.٨٤ ÷ ٤ − ١.٥٢ = ١.٣٩م.

∴ فرق المنسوب = ٩.٨٤ × ٤.٥ + ١.٣٩ = ٤٥.٦٧م.

العمل بالبلانشيطة لتنفيذ الميزانية الشبكية (الميزانية الكنتورية):

ذكر من قبل أن جهاز البلانشيطة يستعمل عند تنفيذ الميزانية بطرق الإشعاع والنقط المبعثرة، والطريقة المباشرة.

أولاً: طريقة الإشعاع:

بعد تشكيل المضلع حول أو خلال المنطقة المراد إجراء ميزانية شبكية لها وضبطه، وتوقيعه يجري الآتي:

١- توضع البلانشيطة فوق إحدى نقط المضلع مثل (أ) (شكل ١٢) وتضبط أفقيتها، وترفع النقطة (أ) من الطبيعة إلى (أ) على لوحة البلانشيطة بواسطة شوكة الإسقاط.

٢- توجه الأليداد إلى النقطة التالية لنقطة أ (ب مثلاً) وترصد النقطة (ب ويرسم الشعاع أ ب) وتوقع عليه النقط (ب١)، كذلك ترصد النقطة السابقة لنقطة (أ) في الترافيرس (و مثلاً)، ويرسم الشعاع (أ و) ويوقع عليه النقطة (و١). ويحسن توجيه أشعة إلى أكثر من نقطة، من نقط المضلع كلما أمكن ذلك.

٣- يختار اتجاه ثابت وليكن الاتجاه (أ ب) أو (أ و)، ويعين منه اتجاه خطوط شعاعية صادرة من النقطة أ تتقارب أو تتباعد أي تصغر أو تكبر الزوايا بينها حسب طبيعة الأرض.

٤- توضع حافة الأليداد منطبقة على الشعاع الأول، وترصد مناسيب سطح الأرض عند نقط تغير الإنحدار على طول اتجاه هذا الشعاع. والأرصاد اللازمة لتحديد موقع القامة ومنسوب الأرض تحتها هي: قراءة الشعرات العليا والوسطى والسفلى، والزاوية الرأسية سواء كانت زاوية ارتفاع أو انخفاض، وارتفاع المحور الأفقي للمنظار عن سطح الأرض التي يقف عليها الجهاز.

٥- يحدد موقع القامة المرصودة بحساب المسافة الأفقية بينها وبين موقع الجهاز، وذلك كالآتي:

أ- إذا كان منزظار الأليداد أفقياً تماماً فإن المسافة الأفقية = الفرق بين قراءة الشعرتين العليا والسفلى × الثابت التاكيومتري لجهاز الأليداد وهو في العادة = ١٠٠.

ب- إذا صنع المنظار زاوية رأسية فإن المسافة = الفرق بين قراءة الشعرتين العليا والسفلى × الثابت التاكيومتري (١٠٠) × جتا^{٢} الزاوية الرأسية

٦- يحدد منسوب القامة المرصودة كالآتي:

أ- إذا كان المنظار أفقياً تماماً، فيحسب المنسوب كما يحسب في الميزانية العادية وذلك بقراءة الشعرة الوسطى على القامة، المنسوب = منسوب المحطة أ + ارتفاع الجهاز – قراءة الشعرة الوسطى.

ب- إذا كان المنظار مائلاً بزاوية رأسية فيحسب فرق المنسوب أولاً (يرمز له عادة بالرمز ص)، ص = الفرق بين قراءة الشعرتين العليا والسفلى × الثابت التاكيومتري × جا الزاوية الرأسية × جتا الزاوية الرأسية (جا الزاوية الرأسية × جتا الزاوية الرأسية = ٢/١ جا ٢ الزاوية الرأسية) ويمكن صياغة المعادلة كالآتي:

ص= الفرق بين الشعرتين العليا والسفلى × الثابت التاكيومتري × ٢/١ جا٢ الزاوية الرأسية.

ويحسب المنسوب بعد ذلك كالآتي:

المنسوب في حالة زاوية الارتفاع = منسوب المحطة أ + ارتفاع الجهاز + ص – قراءة الشعرة الوسطى.

المنسوب في حالة زاوية الانخفاض = منسوب المحطة أ + ارتفاع الجهاز – ص – قراءة الشعر الوسطى.

٧- جدول تسجيل الأرصاد كالآتي:

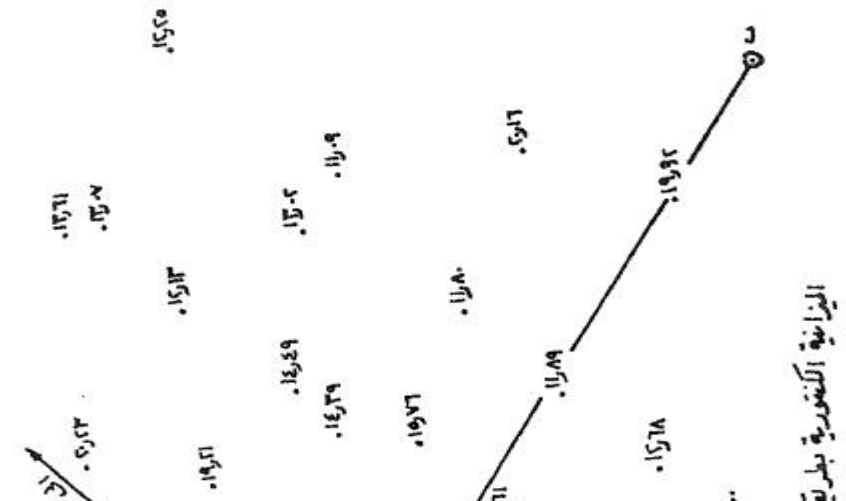
النقطة	قراءة الشعرات			الفرق بين العليا والسفلى	الزاوية الرأسية	المسافة الأفقية	فرق المنسوب (ص)	المنسوب	ملاحظات
	العليا	الوسطى	السفلى						

٧- يكرر العمل بنفس الطريقة على باقي الأشعة شعاع بعد شعاع حتى الانتهاء من العمل فوق النقطة (أ) ثم ينقل الجهاز لباقي نقط المضلع ويكرر العمل فوق كل نقطة. ترفع النقطة من الطبيعة إلى اللوحة، وترصد وتوقع النقطتان المجاورتان لها السابقة واللاحقة، ثم تعين اتجاه الخطوط، وترصد مواقع ومناسيب نقط تغير انحدار سطح الأرض على طول كل شعاع وتوقع هذه النقط ويسجل بجانبها مناسيبها.

٨- تجمع لوحات النقط بمساعدة الترافيرس المصحح والسابق توقيعه على اللوحة.

ثانياً: طريق النقط المبعثرة:

تستعمل هذه الطريقة في جميع الأحوال ويتم العمل بها بنفس طريقة الإشعاع من تشكيل مضلع المنطقة بحيث يمكن رؤية المنطقة من نقطة ورفعه وتصحيحه وتوقيعه. تحتل البلانشيطة إحدى النقط وترصد النقطتان المجاورتان لها. توجه الأليداد إلى النقط التي يتغير فيها درجة الانحدار دون التقيد باتجاه معين ثابت، وتوقع النقط بقياس المسافات إليها تاكيومترياً، وتعين مناسيبها بنفس الطريقة السابقة. وبعد رصد وتوقيع جميع النقطة المحيطة بهذه النقطة من نقط المضلع، تنقل البلانشيطة إلى النقطة التالية وهكذا (شكل ١١) ثم تضم اللوحات إلى بعضها بمساعدة الترافيرس السابق توقيعه فينتج لوحة المناسيب الكلية للمنطقة المراد رفع مناسيبها.



شكل (١١)

ثالثاً: الطريقة المباشرة:

تعتمد الطريقة المباشرة لرسم خطوط الكنتور على تحديد عدد من النقط في الطبيعة لها نفس المنسوب ثم ترفع هذه النقط على الخريطة. وتعطي هذه الطريقة دقة متناهية لكنها تحتاج إلى وقت وجهد وعامل ماهر متمرن. وتستخدم عند إنشاء الخرائط ذات الفاصل الكنتوري الصغير (تتراوح بين ١، ٢م).

ويبين (شكل ١٢) منطقة مطلوب عمل خريطة كنتورية لها بفارق رأسي قدره ١م. فبمعلومية منسوب نقطتي الترافيرس (س، ص مثلاً) تعين مواقع خطوط الكنتور في الطبيعة ثم ترفع على الخريطة وذلك بأتباع الخطوات التالية:

١- تمتاز نقطة متوسطة بالمنطقة ولتكن هـ يمكن منها رؤية كل من نقطتي س، ص بميزان أو بلانشيطة مزودة باليداد تلسكوبي أفقي يقوم بعمل الميزان.

٢- بحسب المنسوب المتوسط لسطح الميزان أو الأليداد بالرصد على قامة رأسية عند النقطتين س، ص على التوالي:

منسوب النقطة (س) = ١٣٦.١٥م.

قراءة القامة عند (س) = ١.٢٠م.

∴ منسوب سطح الميزان عند (هـ) = ١٣٦.١٥ + ١.٢٠= ١٣٧.٣٥م.

منسوب النقطة (ص) = ١٣٤.٨٠م.

قراءة القامة عند (ص) = ١.٦٠م.

∴ منسوب سطح الميزان عند هـ = ١٣٤.٨٠ + ١.٦٠ = ١٣٦.٤٠.

∴ متوسط منسوب سطح الميزان عند هـ = (١٣٧.٣٥ + ١٣٦.٤٠) / ٢ = ١٣٦.٨٣م.

٣- لتحديد خط كنتور ١٣٥م مثلاً يجب أن تكون القراءة على القامة = ١٣٦.٨٣- ١٣٥.٠٠ = ١.٨٣م.

تحدد أول نقطة في الحقل تعطي هذه القراءة على القامة برصد عدة نقط حتى الوصول إلى النقطة (أ١) مثلاً التي تعطي القراءة ١.٨٣م على القامة فتكون هذه النقطة إحدى نقط خط كنتور ١٣٥.

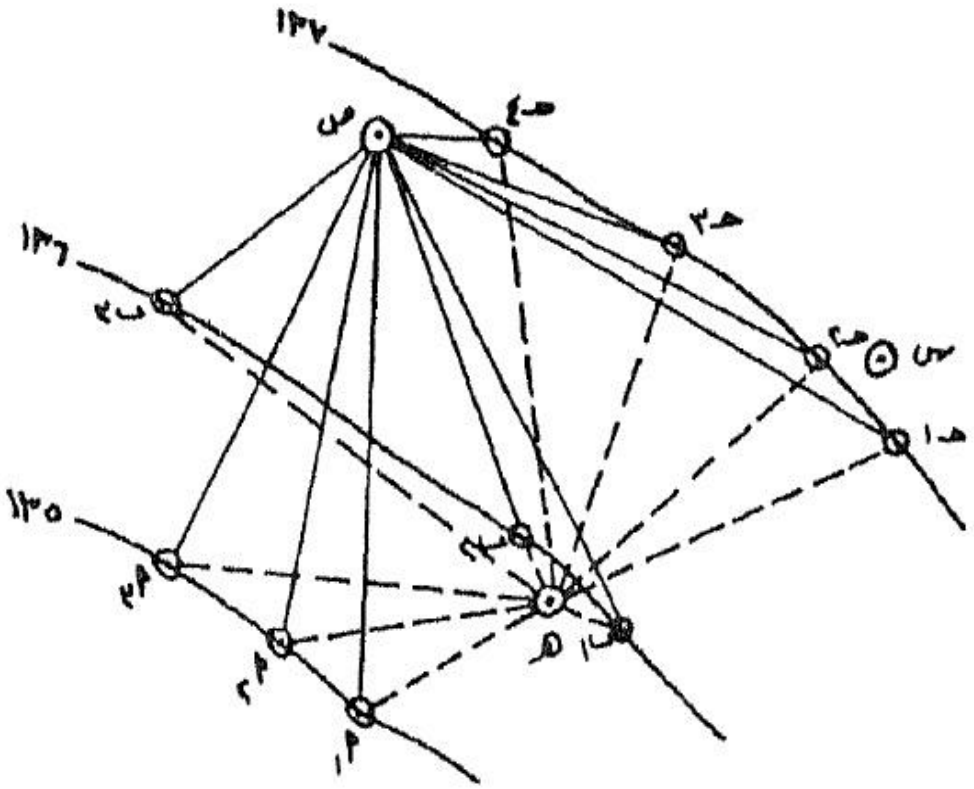
٤- تنقل القامة على المسار التقريبي المقدر لخط الكنتور (وهذه تحتاج إلى عامل أو مساعد ذي خبرة) ويتكرر تعيين النقط أ٢، أ٣، أ٤،.....أن وعند كل نقطة يتم تحديدها يدق وتداً لتعيين موقعها على سطح الأرض.

٥- يكرر نفس العمل لتعيين نقط خط كنتور ١٣٦م مثلاً بتعيين قراءة القامة التي تعطي هذا المنسوب والتي تساوي ١٣٦.٨٣- ١٣٦.٠٠ = ٠.٨٣م.

٦- بعد تحديد نقط خطوط الكنتور المختلفة في الطبيعة ترفع هذه النقط باستخدام البلانشيطة وذلك باحتلال إحدى نقطتي الترافيرس ولتكن (ص) مثلاً وتموجه البلانشيطة توجيهاً أساسياً وتسوى أفقيتها وترسم أشعة من ص إلى نقط

خطوط الكنتور المختلفة. وتعين هذه النقط بمعلومية مسافاتها الأفقية بالطرق السابق شرحها.

٧- يوصل بين نقط كل خط كنتور بخط منحنى فيتم الحصول على خطوط الكنتور موقعة على الخريطة بالمقياس المطلوب رسمها به.



شكل (١٢)

طريقة رسم خطوط الكنتور

تعتبر لوحة المناسيب المرحلة الأولى لإنشاء خطوط الكنتور، إذ يتم توصيل النقط متساوية المنسوب بخط منحنى هو خط الكنتور، ويسجل عليه منسوب تلك النقط التي يربط بينها. وعادة لا نجد على لوحة المناسيب نقط يتفق منسوبها مع خط

الكنتور المطلوب إنشاؤه، فقط المناسيب تتحدد كثافتها من حخيث الكثرة أو القلة تبعاً لطبيعة سطح الأرض من ناحية وتبعاً لإمكانيات المساح وأجهزته وأدواته من ناحية أخرى، بينما ترسم خطوط الكنتور تبعاً للغرض من إنشاء الخريطة. وعند رسم خط كنتور لا يتفق منسوبه مع نقط المناسيب الموقعة على لوحة المناسيب أو أن نقط المناسيب المتفقة معه غير كافية لإنشائه، فإنه يجب إيجاد النقط المطلوبة حتى يمكن رسمه بدقة مقبولة. وتختلف طرق حساب وتوقيع تلك النقط المطلوبة فبعضها حسابية وبعضها تخطيطية. وتقوم تلك الطرق على قاعدة هامة هي اعتبار سطح الأرض منتظم الانحدار بين كل نقطتين منسوب متجاورتين حتى يمكن تحديد وتوقيع نقط المنسوب المطلوبة بينهما، أي أن القطاع بينهما على شكل خط مستقيم.

أولاً: الطريقة الحسابية:

هذه الطريقة وإن كانت طويلة ومملة إلا أنها تعطي نتائج دقيقة وتناسب المناطق التي لا يزيد فيها التضرس النسبي أو المحلي عن ١٠- ١٢ متراً. كما تناسب إنشاء الخرائط الكنتورية المطلوبة لإجراء حسابات تسوية سطح الأرض لاستصلاحها واستزراعها أو تسويتها لغرض إنشاء مباني عليها أو لإنشاء الطرق، أي أن الهدف من الخريطة هدفاً اقتصادياً. وأساس تلك الطريقة هو التقسيم التناسبي بالحساب.

ولتوضيح ذلك يراد تحديد نقط المناسيب المطلوبة لرسم خطوط الكنتور ٤، ٥، ٦، ٧ متراً في المربع الأيمن العلوي من لوحة المناسيب حيث طول ضلع الشبكة على اللوحة ٢ سم. فبالنسبة للضلع المحصور بين نقطتي المنسوب ٣.٨م، ٧.٤م يتم حساب فرق المنسوب بينهما (٧.٤- ٣.٨ = ٣.٦م)، ثم حساب فرق المنسوب بين منسوب أحد الركنين (عادة المنسوب الأقل) ومنسوب النقطة المطلوبة لرسم خط كنتور ٤م (٤.٠- ٣.٨ = ٠.٢م) ثم يحدد موقع نقطة المنسوب المطلوبة على النحو التالي:

٣.٦م فرق منسوب يقابله مسافة أفقية قدرها ٢ سم.

٠.٢م فرق منسوب يقابله مسافة أفقية قدرها س.

$$\text{س} = \frac{٢ \times ٠.٢}{٣.٦} = ٠.١١\text{سم}$$

أي أن نقطة منسوب ٤م تقع على مسافة ٠.١ سم من نقطة المنسوب ٣.٨م.

وبنفس الطريقة يتم تحديد موقع نقطة المنسوب ٥.٠م.

$$\text{س} = \frac{٢ \times ١.٢}{٣.٦} = ٠.٧\text{سم}$$

أي أن نقطة منسوب ٥م تقع على مسافة ٠.٧سم من نقطة المنسوب ٣.٨م.

وكذلك نقطة منسوب ٦م = $\frac{٢ \times ٢.٢}{٣.٦}$ = ١.٢ سم، ونقطة منسوب ٧م

$$= \frac{٢ \times ٣.٢}{٣.٦} = ١.٨ \text{ سم}$$

وتوقع تلك المسافات بدقة على ضلع المربع بواسطة المسطرة، ويكتب بالقلم الرصاص الخفيف المنسوب بجوار كل نقطة. وكذلك الحال بالنسبة لضلع المربع المحصور بين نقطتي المنسوب ٣.٦، ٧.٤ فتكون مواقع نقط المناسيب المطلوبة ٤، ٥، ٦، ٧ متراً على مسافات ٠.٢، ٠.٧٥، ١.٣، ١.٨ سنتيمتراً على الترتيب من نقطة المنسوب ٣.٦. أما بالنسبة للضلع المحصور بين نقطتي منسوب ٣.٦، ٤.٩ متراً فإن موقع نقطة المنسوب ٤م تكون على مسافة ٠.٦سم من نقطة المنسوب ٣.٦م. وأيضاً بالنسبة لموقع نقطة المنسوب ٤م المطلوبة على الضلع الرابع تكون على مسافة ٠.٣٥ سم من نقطة المنسوب ٣.٨م.

وبذلك تحددت مواقع نقط المناسيب المطلوبة لرسم خطوط الكنتور ٤، ٥، ٦، ٧ متراً، ثم يتم بعد ذلك توصيل كل نقطتين متساويتين بخط هو جزء من خط الكنتور المطلوب. وقد يصادف وجود أربع نقاط منسوب ذات قيمة واحدة، فهل يتم

توصيلها بخط على شكل حلقة مقفلة هو خط كنتور ٤م ؟ كقاعدة عامة يجب أن لا يمس خط الكنتور المطلوب أي ضلع من أضلاع الشبكة، بل يجب أن يقطعه أي يمر بالنقطة المحددة قاطعاً ضلع الشبكة. ويترتب على ذلك تساؤل آخر هو: هل يتم توصيل نقطتي المنسوب ٤م على الضلعين الأيمن والأسفل، ثم بين النقطتين على الضلعين الأيسر والأعلى ؟ أم التوصيل بين النقطتين على الضلعين الأيمن والأعلى ثم بين النقطتين على الضلعين الأيسر والأسفل ؟ وللتغلب على تلك المشكلة رأيان: الأول استنتاج منسوب نقطة تقاطع قطري المربع حسابياً واعتبارها نقطة منسوب يتم تحديد نقط المنسوب المطلوبة بينها وبين الأركان الأربعة، والثاني أن يتم رسم أحد القطرين وهو القطر الذي فرق المنسوب بين طرفيه أقل، على أساس أن احتمال انتظام انحدار سطح الأرض عليه أكبر من احتمال انتظام انحدار سطح الأرض على القطر الآخر، طالما أن تحديد نقط المناسيب المطلوبة لرسم خط الكنتور يقوم على قاعدة اعتبار سطح الأرض بين كل ركنين من أركان المربع منتظم الانحدار. وسواء كان أحد الرأيين مرجحاً عن الآخر، فإن هذه العملية تحدد مسار خط الكنتور داخل فراغ المربع بدقة (شكل ١٤).

طريقة حسابية أخرى: تحدد مواقع نقط المنسوب المطكلوبة لرسم خطوط كنتور ٤، ٥، ٦، ٧ متراً في المثال السابق بين نقطتي منسوب ٣.٨م، ٧.٤م على النحو التالي:

فرق المنسوب بين النقطتين = ٧.٤ – ٣.٨ = ٣.٦م

نسبة الإنحدار بين النقطتين في الطبيعة = فرق المنسوب بالمتر / المسافة الأفقية بالمتر = ٣.٦ / ٢٠ = ٠.١٨م

أي أن سطح الأرض ينحدر بمقدار ٠.١٨م في مقابل كل متر أفقي، أو بمعنى آخر أن كل متر أفقي يقابله ٠.١٨م فرق منسوب. ولتحديد نقطة المنسوب المطلوبة ٤م، يحدد فرق المنسوب بينها وبين نقطة المنسوب ٣.٨م (= ٠.٢م).

١م مسافة أفقية يقابله ٠.١٨م فرق منسوب.

س مسافة أفقية يقابله ٠.٢م فرق منسوب.

$$\therefore س = \frac{١ \times ٠.٢}{\text{المسافة الأفقية بالمتر}} = ١.١م$$

وتوقع تلك المسافة الأفقية على لوحة المناسيب حسب مقياس رسمها (١: ١٠٠٠) لتعيين نقطة منسوب ٤م (= ٠.١سم). وكذلك لتحديد نقطة المنسوب ٥م:

١م مسافة أفقية يقابله ٠.١٨م فرق منسوب

س مسافة أفقية يقابله ١.٢م فرق منسوب.

$$\therefore س = \frac{١ \times ٠.٢}{٠.١٨} = ٦.٦٧م$$

وتوقع تلك المسافة على لوحة المناسيب لتعيين نقطة المنسوب ٥م، وكذلك توقع المسافة ١٢.٢م لتعيين نقطة المنسوب ٦م والمسافة ١٧.٨م لتعيين نقطة المنسوب ٧م، وهكذا على بقية أضلاع الشبكة.

ثانياً: الطرق التخطيطية:

١- طريقة الأعمدة العكسية: يمكن تحديد نقطة المنسوب المطلوبة لرسم خطوط كنتور ٤، ٥، ٦، ٧ في المثال السابق على الضلع المحصور بين نقطتي منسوب ٣.٨، ٧.٤ على لوحة المناسيب مباشرة وذلك على النحو التالي:

أ- لتحديد نقطة المنسوب ٤م، يتم حساب فرق المنسوب بينها وبين النقطة ٧.٤م (= ٣.٤م).

ب- يرسم بالقلم الرصاص الخفيف عند نقطة المنسوب ٣.٨م عمود على الضلع طوله ٠.٢م بأي مقياس رسم مناسب وليكن طوله ٢ ملليمتر، أي أن كل ٠.١م فرق منسوب = ١ ملليمتر، ويرسم عمود آخر عند نقطة المنسوب ٧.٤م طوله ٣.٤م بنفس مقياس الرسم المختار لرسم العمود السابق أي طوله ٣.٤ ملليمتر ولكن في الجهة العكسية، ثم نصل بين طرفي العمودين بخط يتقاطع مع الضلع في نقطة هي موقع نقطة منسوب ٤م المطلوبة.

ج- لتحديد موقع نقطة منسوب ٥ م (فوق المنسوب بينها وبين النقطة ٣.٨م=١.٢م وبينها وبين نقطة المنسوب ٧.٤م = ٢.٤م، يرسم عمودان في اتجاهين عكسيين عند طرفي الضلع بنفس مقياس الرسم المختار سابقًا أحدهما طوله ١٢ ملليمتر عند نقطة ٣.٨م والآخر طوله ٢٤ ملليمتر عند نقطة ٧.٤م وبتوصيل طرفي العمودين بخط يتقاطع مع الضلع بتحدد موقع نقطة المنسوب ٥م ، وبنفس الطريقة يتم تحديد نقطتين المنسوب ٧.٦م (شكل ١٦). وهكذا على بقية أضلاع الشبكة.

٢- **طريقة المثلث الشفاف:** تعتبر هذه الطريقة من الطرق السريعة المستخدمة كثيرًا، وتتلخص في:

أ- تجهز لوحة شفافة من ورق الكلك، ويرسم عليها الخط أ ب بطول مناسب ويقسم إلى قسمين متساويين، ويقام عمود من نقطة التقسيم بطول مناسب، ويوصل طرف العمود بكل من أ،ب (يتكون مثلث متساوي الساقين).

ثم يقسم الخط أ ب إلى عدد مناسب من الأقسام المتساوية، وتوصل نقط التقسيم بطرف العمود مع تمييز كل خامس خط بخط سميك نسبيًا، وترقم نقط التقسيم بدءًا من الصغر في الاتجاه من أ إلى ب وكذلك في الاتجاه العكسي من ب إلى أ، ثم يقسم العمود إلى عدد من الأقسام المناسبة، ويرسم من نقط التقسيم خطوط أفقية توازي الخط أ ب (شكل ١٧).

ب- لتعيين نقط المنسوب المطلوبة لرسم خطوط الكنتور ٤، ٥، ٦، ٧ مترًا على الضلع المحصور بين نقطتي المنسوب ٣.٨م، ٧.٤م في المثال السابق، يختار

مقياس مناسب لتقسيم فرق المنسوب بينهما وهو ٣.٦م إلى عدد من الأقسام المتساوية وبحيث تكون قيمة القسم الواحد مناسبة أيضًا لتحديد نقط المنسوب المطلوبة، يمكن تقسيم ٣.٦م إلى ١٨ قسمًا قيمة القسم الواحد ٠.٢م (اختيار أول) أو إلى ٣٦ قسمًا قيمة القسم الواحد ٠.١م (اختيار ثاني).

ج- توضع شفافة الكلك على لوحة المناسيب بحيث يكون الضلع المحصور نقطتي المنسوب ٣.٨م، ٧.٤م مولها للحفظ أ ب وذلك بمساعدة المخطوط الأفقية، لم تحرك الشفافة إلى أعلي أو إلى أسفل حتى يطبق الحد الخارجي للمثلث (تدريجه= صفر) على نقطة المنسوب ٣.٨م وينطبق الخط المائل رقم ١٨ على نقطة لمنسوب ٧.٤م (الاختبار الأول) أو الخط المائل رقم ٣٦ الاختيار الثاني) مع المحافظة على الوضع المتوازي المذكور سابقًا وبذلك بقسم الضلع إلى ١٨ قسمًا متساويًا قيمة القسم والواحد ٠.١م بواسطة الخطوط المائلة.

د- تعين نقطة المنسوب ٤م على الخط المائل رقم ١ أي على بعد قسم واحد مقداره ٠.٢م، وكذلك نقطة منسوب ٥م على الخط المائل رقم ٦١٦ × ٠.٢= ١.٢ + ٣.٨= ٥م، وأيضًا نقطة منسوب ٦م على الخط المائل رقم ١١، ونقطة منسوب ٧م على الخط المائل رقم ١٦ (١٦ × ٠.٢= ٢.٢ + ٣.٨ = ٧٠م). أو أن تحدد نقط المناسيب ٤، ٥، ٦، ٧ مترًا على الخطوط المائلة أرقام ٢، ١٢، ٢٢، ٣٢ (الاختبار الثاني). ويتم تعيين تلك النقط بواسطة دبوس إبرة أو أي أداة أخرى مناسبة. وبنفس الطريقة يتم تحديد نقط المناسيب المطلوبة على بقية أضلاع الشبكة.

وعادة يكون لدى الخرائطي عدة شفافات بمثلثات مختلفة الأبعاد ومختلفة التقسيم تتناسب مع ما يمكن أن يصادفه من شبكات فقط المناسب.

٣- طرقة الخطوط المتوازية على مسافات متساوية: تشبه هذه الطريقة طريقة المثلث الشفاف إلا أنها لا تتطلب تحقيق شرط التوازي لذا تعد طريقة سهلة وسريعة، وتتلخص في:

أ- تجهر لوحة شفافة من ورق الكلك، ويرسم عليها مجموعة من الخطوط الأفقية المتوازية بطول مناسب وعلى مسافات متساوية قد تكون ٢ أو ٣ أو ٤ أو ٥ ملليمترًا، وترقم بدًا من الصفر وذلك في الاتجاهين من أسفل إلى أعلي ومن أعلى إلى أسفل.

ب- لتعيين فقط المناسيب المطلوبة لرسم خطوط الكنتور ٤، ٥، ٦، ٧ مترًا في المثال السابق، توضع شفافة الكلك بحيث ينطبق خط رقم صغير على نقطة المنسوب ٣.٨م، ثم تدار الشفافة حتى ينطبق الخط رقم ١٨ على نقطة لمنسوب ٧.٤، أي أن الضلع بينهما قد تم تقسيمه إلى ١٨ قسمًا متساويًا قيمة القسم الواحد ١٠.٢م (اختيار أول) أو ينطبق الخط رقم ٣٦ وبذلك يكون قيمة القسم الواحد ٠.١م (اختيار ثاني).

ج- تعين نقطة منسوب ٤ م على الخط المتوازي رقم ١ أي على بعد ٠.٢م، وكذلك نقطة مناسيب ٥، ٦، ٧م على الخطوط أرقام ٦، ١١، ١٦، أو أن تحدد نقط المناسيب ٤، ٥، ٦، ٧م على الخطوط المتوازية أرقام ٢، ١٢، ٢٢، ٣٢ (الاختيار الثاني). ويتم تعيين تلك النقط بواسطة دبوس إبره أو أي أداة أخرى مناسب. وبنفس الطريقة يتم تحديد نقط المناسيب المطلوبة على بقية أضلاع الشبكة.

وعادة يكو لدي الخرائطي عدة شفافات بخطوط متوازية على مسافات مختلفة تتناسب مع ما يمكن أن يصادفه من شبكات نقط المناسيب.

٤- **طريقة المثلث والمسطرة:** يستعمل مثلث صغير قائم الزاوية مع مسطرة لتعيين نقط المنسوب المطلوبة ٤، ٥، ٦، ٧م في المثال السابق وذلك على النحو التالي:

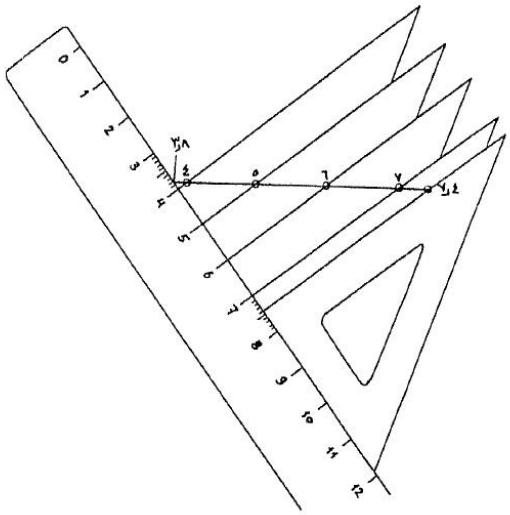
أ- توضع حافة المسطرة على الضلع المحصور بين نقطتي المنسوب ٣.٨م، وتكون رأس الزاوية القائمة بالمثلث عند تدريج ٧.٤ سم على المسطرة.

ب- يتم تحريك المسطرة والمثلث على هذا الوضع حتى تقطع نقطة المنسوب ٧.٤م مماسة للضلع القائم ويشرط المحافظة على تماس التدريج ٣.٨ سم على المسطرة لنقطة المنسوب ٣.٨م.

ج- تثبت المسطرة جيدًا في هذا الوضع، ويحرك المثلث على حافتها حتى تقع رأس الزاوية القائمة بالمثلث عند تدريج ٤ سم على المسطرة فتقطع حافة الضلع القائم بالمثلث ضلع الشبكة الواصل بين نقطتي المنسوب في نقطة هي نقطة المنسوب ٤م المطلوبة ويتم توقيعها بالقلم الرصاصي، ثم يحرك المثلث مرة أخرى حتى تقع رأس الزاوية القائمة عدد تدريج ٥ سم على المسطرة، وتوقع نقطة المنسوب المطلوبة ٥م وهكذا بالنسبة لنقطتي المنسوب ٦، ٧م (شكل ١٤).

د- يتم تحديد نقط المنسوب المطلوبة على بقية أضلاع الشبكة بنفس الطريقة.

في كل الطرق التخطيطية السابقة، وبعد إيجاد مواقع نقط المناسيب التي ستمر بها خطوط الكنتور المطلوبة يتم توصيل النقط متساوية المنسوب بعضها بعض بخطوط منحنية ممهدة هي خطوط الكنتور المطلوبة.



شكل (١٤)

الفاصل الكنتوري (الفترة الكنتورية):

الفاصل الكنتوري هو لمسافة الرأسية بين خط الكنتور والذي يليه، ويسمي أحيانًا بالفاصل الرأسي أو المسافة الرأسية، وقد يكون الفاصل الكنتوري بالمتر أو بالقدم حسب طبيعة مقياس رسم الخريطة كيلو متري أو ميلي، ويؤثر الفاصل الكنتوري على درجة وضوح تفاصيل تضاريس سطح الأرض على الخريطة خاصة في المناطق ذات التضرس النسبي (المحلي) الكبير، حيث تتجاور المناطق شاهقة الارتفاع والأودية السحيقة، ويقصد بالتضرس النسبي أو المحلي مدي التضاريس أي الفرق بين أعلى منسوب وأقل منسوب، فخريطتان مرسومتان بمقياس رسم وأحد، أحدهما تمثل منطقة شديدة التضاريس والأخرى تمثل منطقة قليلة التضس، فمن الطبيعي أن نجد الفاصل الكنتوري في الأولي أكبر منه في الثانية، وهكذا قد نجد الفاصل الكنتوري في الأولي ٥٠م أو ١٠٠م بينما في الثانية قد يساوي ٥م و ربما مترًا واحدًا.

أما في المناطق التي يغلب على طبيعتها التقارب في المنسوب عدا بعض أشكال سطح الأرض التي تتنافر مناسيبها مع طبيعة التضاريس السائدة، فإن تحديد الفاصل الكنتوري يتم بناء على التضاريس السائدة بغض النظر عن أشكال سطح الأرض الشاذة والتي يمكن توضيحها بخطوط الكنتور المساعدة وتقترح بعض الجهات المسئولة عن إنتاج الخرائط الطيوغرافية فواصل كنتورية بناء على طبيعة المناسيب ومعدل الانحدار في المنطقة المراد إنشاء خريطة كنتورية لها كلما في الجدول التالي:

اختيار الأصل الكنتوري

تبعًا لطبيعة المناسيب ومعدل الانحدار

طبيعة المناسيب	معدل إنحدار سطح الأرض	الفاصل الكنتوري المقترح بالمتر
مناسيب منخفضة	٠-٦٥	١٠

مناسيب مخفضة إلى متوسطة	٠٢-%	١٠
مناسيب متوسطة	٤٥-%	٢٠
مناسيب مرتفعة	أكبر من ٤٥%	٤٠

ويختلف مقدار الفاصل الكنتوري عند اختلاف مقياس الرسم فالخريطة صغيرة المقياس والتي تبين قارة أو إقليم والتي تتساوي في مساحة اللوحة المرسومة عليها مع اللوحة التي تبين منطقة محدودة الاتساع بمقياس رسم كبير يكون الفاصل الكنتوري في الأولي أكبر منه في الثانية.

ويختلف مقدار الفاصل الكنتوري في الخريطة الواحدة تبعًا لاختلاف مناسيب المنطقة التي تبينها الخريطة ذات مقياس الرسم الصغير والتي تبين مناطق شاسعة تتباين فيها التضاريس بدرجة كبيرة إذ من الصعب المحافظة على فاصل كنتوري واحد في أجزاء الخريطة حتى يمكن الإلمام بأكبر قدر من تفاصيل التضاريس – فالفاصل الكنتوري ١٠٠م قد يكون مناسبًا لتمثيل المناطق الجبلية، ولكنه بالتأكيد غير مناسب للمناطق السهلية، على الرغم مما قد يكون موجود بها من ظاهرات تضاريسية تستحق الظهور، فقد يكون بها أشكال جيومورفولوجية تقل أبعادها الرأسية عن ١٠٠م ولا يخفي علينا أن المناطق السهلية تهم الجغرافي وغيره في دراسته أكثر مما تهمه المناطق الجبلية وعلى العكس من ذلك عدد اختيار فاصل كنتوري صغير ومناسب للمناطق السهلية فإن خطوط الكنتور سوف تتزاحم وتقترب من بعضها البحثي في المناطق الجبلية وتطمس كثير من المعالم الجغرافية التي كان يمكن قراءتها وتفسيرها إذ كان الفاصل الكنتوري كبير. ويلاحظ عامة في خرائط الأطالس تغير مقدار الفاصل الكنتوري في أجزائها لأنها تضم تباينًا تضاريسيًا كبيرًا.

وبصفة عامة، فإن الفاصل الكنتوري يتناسب تناسبًا عكسيًا مع مقياس الرسم فيصغر مع مقياس الرسم الكبير، ويكبر مع مقياس الرسم الصغير، ويتناسب تناسبًا طرديًا مع شدة تضرس المنطقة فيكبر في المناطق عالية التضرس ويصغر في المناطق قليلة التضرس، وبمعني آخر كلما كانت الأرض سهلية كلما احتاجت إلى

فاصل صغير لبيان التغيرات الطفيفة في السطح أما في الأراضي الجبلية الوعرة فيجب اختيار فاصل كبير لأنه يكفي لبيان معالم سطح الأرض بدقة.

ويتوقف اختيار الفاصل الكنتوري على الزمن والتكاليف اللازمة للعمل المساحي، فكلما صغر هذا الفاصل كلما زاد العمل الحقلي المساحي وزاد معه بالتبعية العمل المكتبي عند رسم خطوط الكنتور، ويتطلب ذلك زيادة في الوقت والتكاليف اللازمين لإنجاز العمل.

كما يتوقف اختيار الفاصل الكنتوري على الهدف من إنشاء الخريطة، إذ يجب اختيار فاصل صغير إذا كان الغرض إنشاء خريطة دقيقة للاستعمالات الهندسية والإنشائية. أما في الخرائط العامة والتي لا تتطلب دقة عالية فمن المناسب أن يكون الفاصل كبيرًا.

ويرى بعض الخرائطيين أن يكون الفاصل الكنتوري ثابتًا في الخريطة الواحدة، وإذا كانت هناك بعض أجزاء منبسطة من سطح الأرض تحتاج إلى توضيح أو بعض الظواهر الجيومورفولوجية محدودة الارتفاع كالكومات والرواسب المخروطية عند أقدام الحافات وعدد مخارج الأودية الصغيرة، والمنخفضات الصغيرة كلدولينات، ففي مثل هذه الحالات تستخدم الطرق الخرائطية الأخرى لبيان تلك المعالم مثل خطوط الهاشور، إذ يصعب استخدام فاصل كنتوري أصغر لبيان تلك المعالم وإلا أوحت خطوط الكنتور الإضافية باختلاطها بخطوط الكنتور الرئيسية مظهراً مخالفاً لشكل سطح الأرض.

العلاقة بين زوايا انحدار سطح الأرض والفاصل الكنتورى ومقياس الرسم:

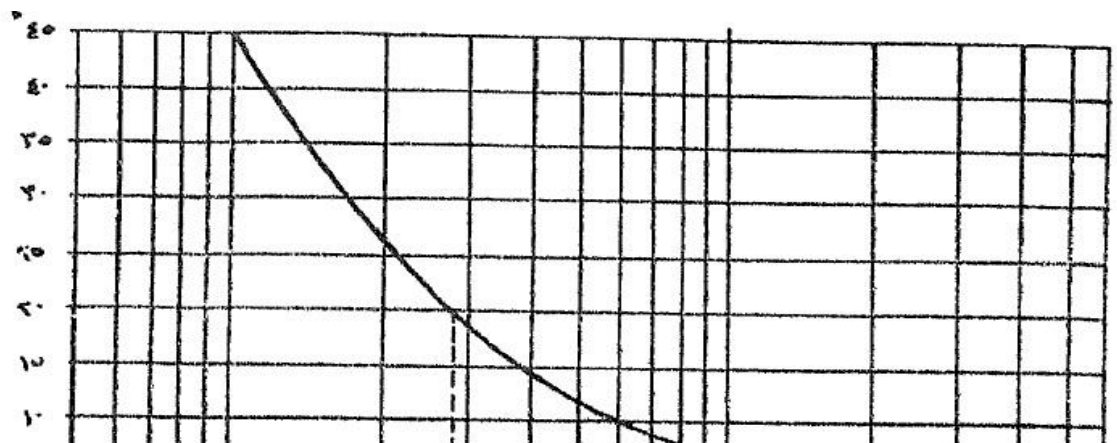
يختلف الفاصل الكنتوري من خريطة لأخرى تبعاً لزوايا إنحدار سطح الأرض في المنطقة التي تمثلها الخريطة ومقياس الرسم، إذ تؤثر زوايا إنحدار السطح في اختيار مقياس الرسم المناسب وبالتالي في المسافة الأفقية أي في مدى تداخل خطوط الكنتور. ويمكن حساب المسافة الأفقية بين خطوط الكنتور من العلاقة التالية:

المسافة الأفقية بين خطوط الكنتور = الفاصل الكنتورى × ظنا زاوية انحدار سطح الأرض.

ويبين المنحنى البياني نصف اللوغاريتي (شكل ١٥) العلاقة بين المسافة الأفقية (موقعه على المحور الأفقي اللوغاريتمي) وزوايا الانحدار (موقعه على المحور الرأسي الحسابي) والفاصل الكنتورى المختار. فمثلاً إذا كمانت زاوية انحدار سطح الأرض = ٢٠° والفاصل الكنتورى المراد إنشاء الخريطة على أساسه = ١٠م تكون المسافة الأفقية بين خطوط الكنتور باستخدام المنحنى البياني كالتالي:

$$٢٧٥ \times \frac{١٠}{١٠٠} = ٢٧.٥م$$

وذلك بأخذ القراة على المنحنى المقابلة للزاوية ٢٠° على المحور الأفقي وبضربها في المعامل $\frac{\text{الفاصل الكنتوري}}{١٠٠}$ يكون الناتج هو المسافة الأفقية بين خطوط الكنتور بالأمتار. فإذا كان مقياس رسم الخريطة ١: ٥٠.٠٠٠ تكون المسافة الأفقية على الخريطة $= \frac{٢٧.٥ \times ١}{٥٠.٠٠٠}$ ٠.٥٥ ملليمتراً وهي مسافة أقل من ملليمتر واحد بما يترتب عليه التصاق خطوط الكنتور ببعضها عند رسمها، ولذلك يلزم اختيار فاصل كنتوري أكبر أو اختيار مقياس رسم أكبر للخريطة ١: ٢٥.٠٠٠ أو ١: ٢٠.٠٠٠ أو ١: ١٠.٠٠٠. وفي هذه الحالة تكون المسافة الأفقية بين خطوط ١.١ أو ١.٣٨ أو ١.٧٥ ملليمتراً على الترتيب، وبطبيعة الحال فإن هذه المسافات صغيرة أيضاً ولكنها تعبر عن شدة الإنحدار.



شكل (١٥)

الخطوط الكنتورية الهامة ونقط المناسيب:

ترسم بعض خطوط الكنتور أحياناً بسمك أكبر من بقية الخطوط، وبعض هذه الخطوط يرسم بقصد تسهيل قراءة المناسيب، وبعضها يرسم لأغراض أخرى وتكتب قيم الخطوط السميكة فقط بقصد التوضيح وعدم ازدحام الخريطة بالأرقام خاصة إذا كانت خطوط الكنتور متقاربة، وعندئذ يختار خط بعد كل عدد ثابت من خطوط الكنتور، وعادة يكون هذا الخط هو الخامس ومضاعفاته أو العاشر ومضاعفاته. كما أن مثل تلك الخطوط السميكة تبرز الصورة التضاريسية بشكل أوضح.

وقد يكون للخطوط الكنتورية السميكة دلالة علمية خاصة، فخط الصفر خط هام في لوحات أطلس مصر الطبوغرافي مثلاً لأنه يحدد المناطق التي تنخفض عن مستوى سطح البحر في المنخفضات الصحراوية مثل بحيرة قارون في منخفض الفيوم، ومنخفض القطارة وغيره، كما أن خط كنتور ٢٠م له أهمية خاصة على اعتبار أنه يحدد الدلتا.

ويجب الاحتفاظ بعدد مناسب من نقط المناسب على الخريطة الكنتورية لتساعد في توضيح أشكال سطح الأرض التي لا توضحها خطوط الكنتور مثل قمم التلال أو أعلى منسوب على سطح الهضبة أو أدنى منسوب في قاع الحوض أو عدة نقط مناسيب في المنطقة الخالية من خطوط الكنتور لتوضح تموج السطح. وهناك عدة اعتبارات يجب مراعاتها هي:

١- يجب أن تحوى الخريطة الكنتورية نقط منسوب لكل قمة جبل أو قمة تل أو أعلى منسوب في سلسلة مرتفعات متجاورة، وكذلك أقل منسوب وأعلى منسوب في قيعان المنخفضات.

٢- يجب أن تظهر نقطة أعلى منسوب على الأرض المنبسطة الواسعة.

٣- يجب أن تظهر على الأقل نقطة منسوب واحدة تبين منسوب سطح المياه في البحيرات والبراك والمستقنعات.

٤- يجب أن تظهر نقط المناسيب عند إلتقاء الروافد المائية بمجاريها الرئيسية.

خواص خطوط الكنتور:

١- بما أن الفاصل الكنتوري يمثل الفرق بين منسوب أي نقطتين على خطي كنتور متتاليين، فإن اشد المنحدرات انحداراً هو اتجاه أقصر مسافة بين خطوط الكنتور، ويكون هذا الاتجاه عند أي نقطة على خط كنتور معين عمودياً على اتجاه هذا الخط.

٢- يمكن أن تنطبق خطوط الكنتور مختلفة المنسوب فوق بعضها البعض وتبدو وكأنها خطأ واحداً وذلك في حالة وجود منحدر رأسي (قائم أو حائطي).

٣- لا يتقابل خطأ كنتور مختلفاً المنسوب ليكوناً خطأ واحداً، كما لا يمكن أن يتفرع خط كنتور إلى خطين.

٤- لا يمكن أن ينتهي خط كنتور في مكان ما على مسطح الخريطة، ولكنه يجب أن يكون مقفلاً، وليس ضرورياً أن يقفل خط الكنتور داخل حدود الخريطة، ولكنه ينتهي عند إطار الخريطة.

٥- تظهر خطوط الكنتور متتابعة ومتتالية في قيمها، فتتزايد في حالة الارتفاع وتتناقص في حالة الانخفاض تبعاً لشكل سطح الأرض، ولا يمكن أن يوجد خط كنتور شاذ في منسوبه عن الخطوط التي توجد قبله أو بعده.

٦- لا تتقاطع خطوط الكنتور إلا في حالة الكهوف فقط.

٧- في الحلقات الكنتورية المقفلة داخل الخريطة، يكون منسوب خط الكنتور الخارجي أقل قيمة، وتزيد قيم مناسيب خطوط الكنتور بالاتجاه نحو الداخل إذا كانت خطوط الكنتور المجاورة للحلقة في حالة تزايد في المناسيب. أما إذا كانت خطوط الكنتور المجاورة للحلقة المقفلة داخل الخريطة في حالة تناقص في المناسيب، فإن منسوب خط الكنتور الخارجي يكون أكبر قيمة وتتناقص قيم مناسيب خطوط الكنتور بالاتجاه نحو داخل الحلقة.

٨- إذا اعترض خطوط الكنتور المتزايدة في المنسوب حلقة كنتورية، فإن منسوب هذه الحلقة هو منسوب خط الكنتور التي يعلوها مباشرة.

الفصل الثاني
تفسير خطوط الكنتور
وقراءة الخريطة الكنتورية وتحليلها

تعتبر خطوط الكنتور أنسب طريقة خرائطية – حتى الوقت الحاضر– في تمثيل سطح الأرض ذي الأبعاد الثلاثة على اللوحة المستوية ذات البعدين، ونجحت في إبراز عناصر سطح الأرض بصورة علمية دقيقة ومرضية، والتي تتمثل في تحديد المنسوب وحساب قيمة الانحدار وتعيين أنواع المنحدرات والتعرف على أشكال سطح الأرض.

أولاً: تحديد المنسوب:

منسوب أي نقطة على سطح الأرض هو بعدها الرأسي عن متوسط مستوى سطح البحر. ويمكن تحديد منسوب أي نقطة على الخريطة الكنتورية وذلك في الحالات الثلاث التالية:

١- **حالة وقوع النقطة على خط كنتور**: إذا كانت النقطة المطلوب معرفة منسوبها تقع على خط كنتور، يكون منسوبها هو قيمة خط الكنتور الذي تقع عليه، فإذا كانت النقطة تقع على خط كنتور ٥٠م مثلاً فإن منسوبها هو ٥٠م وهكذا.

٢- حالة وقوع النقطة بين خطي كنتور: يمثل افتراض أن سطح الأرض منتظم الانحدار بين كمل نقطتين متجاورتين من نقط المناسيب عند رسم خطوط الكنتور من لوحة المناسيب، الأساس الذي يقوم عليه حساب منسوب أي نقطة تقع بين خطي كنتور. ويترتب على هذا الفرض أن سطح الأرض في الاتجاه العمودين بين أي خطي كنتور متتاليين منتظم الانحدار. وبالتالي يمكن حساب منسوب النقطة المطلوبة بالخطوات التالية:

أ- يرسم خطأ بالقلم الرصاص الخفيف عمودياً؟ قدر الإمكان بين خطي الكنتور ويمر بالنقط.

ب- يقاس طول هذا الخط العمودي على الخريطة بدقة.

ج- تقاس المسافة بين النقطة المطلوبة حساب منسوبها وخط الكنتور الذي يعلوها أو خط الكنتور الأدنى منها على الخط العمودي.

د- يحسب فرق المنسوب بين خطي الكنتور.

هـ- إذا كان المطولب حساب نقطة (ن) مثلاً الواقعة بين خطي كنتور ١٥م، ٢٠م وكمان طول الخط العمودي المار بها ١.٢سم، والمسافة بينها وبني خط كنتور ١.٥م = ٠.٥٥ سم، فإن منسوب (ن):

فرق منسوب قدره ٥م يقابله مسافة أفقية ١.٢٠سم.

فرق منسوب قدره س يقابله مسافة أفقية ٠.٥٥سم.

$$\therefore \text{س (فرق المنسوب بين كنتور ١٥م والنقطة ن)} = \frac{٥ \times ٠.٥٥}{١.٢} = ٢.٢٩\text{م}$$

∴ منسوب النقطة (ن) أكبر من منسوب كنتور ١٥م وأقل من منسوب كنتور ٢٠م لأنها تقع بينهما، وقد قيست المسافة بينها وبين خط كنتور ١٥م.

∴ منسوب (ن) = ١٥ + ٢.٢٩ = ١٧.٢٩م.

و- ويمكن حساب منسوب النقطة (ن) عن طريقة قياس المسافة بينها وبين خط كنتور ٢٠م، فإذا كانت المسافة ٠.٦٥ سم فإن منسوب (ن):

فرق منسوب قدره ٥م يقابله مسافة أفقية ١.٢ سم.

فرق منسوب قدره س يقابله مسافة أفقية ٠.٦٥ سم.

∴ س (فرق المنسوب بين كنتور ٢٠م والنقطة ن) = $\frac{٥ \times ٠.٦٥}{١.٢}$ = ٢.٧١م

∴ منسوب النقطة (ن) أكبر من منسوب كنتور ١٥م وأقل من منسوب كنتور ٢٠م لأنها تقع بينهما، وقد قيست المسافة بينها وبين خط كنتور ١٥م.

∴ منسوب (ن) = ٢٠ – ٢.٧١ = ١٧.٢٩م

٣- في حالة وقوع النقطة داخل حلقة كنتورية: إذا كان منسوب الحلقة الكنتورية في تتابع مناسيب يشير إلا الارتفاع أي التزايد في المنسوب، فإن منسوب النقطة هو منسوب الحلقة الكنتورية + ٢/١ الفاصل الكنتوري. أما إذا كان منسوب الحلقة الكنتورية في حالة تتابع مناسيب يشير إلى الانخفاض أي التناقص في المنسوب، فإن النقطة هو منسوب الحلقة الكنتورية – ٢/١ الفاصل الكنتوري. فإذا كانت النقطة (ن) مثلاً تقع داخل حلقا كنتورية منسوبها ١٥٠م وفي حالة تزايد المنسوب والفاصل الكنتوري ١٠م فإن منسوب (ن) = ١٥٠ + ٢/١٠ = ١٥٥م. أما إذا كانت الحلقة الكنتورية في حالة تناقص المنسوب فإن منسوب (ن) = ١٥٠ – ٢/١٠ = ١٤٥.

وقد تضم الخريطة الكنتورية نقط مناسيب في بعض أجزائها التي تصغر فيها قيمة الفاصل الكنتوري، أو تقل بها خطوط الكنتور كالسهول الفيضية وقيعان الأودية والمنخفضات أو أعالى المرتفعات وأسطح الهضاب وقمم التلال وذلك بهدف توضيح أشكال سطح الأرض والتعبير عن منسوبها بدقة. وقد توجد بعض هذه النقاط داخل بعض الحلقات الكنتورية، وفي هذه الحالة فإن منسوب النقطة (ن) المطلوبة هو متوسط قيم نقط المناسيب الواقعة بداخلها، أما إذا كانت توجد نقطة منسوب واحدة داخل الحخلقة الكنتورية، فإن منسوب النقطة المطلوبة (ن) هو منسوب الحلقة الكنتورية ± فرق المنسوب بين منسوب الحلقة ومنسوب نقطة المنسوب وذلك تبعاً لطبيعة تتابع مناسيب خطوط الكنتور المجاورة للحلقة.

ثانياً: حساب قيمة الانحدار:

الانحدار Gradient: هو مقدار أو قيمة ميل سطح الأرض عن المستوى الأفقي. ويمكن التعبير عن قيمة الانحدار بصورة مختلفة: إما بالصورة الزاوية أي بدرجة أو زاوية الانحدار، أو بالصورة النسبية أي بنسبة الانحدار أو بصورة المعدل أي بمعدل الانحدار. ويمكن حساب قيمة انحدار سطح الأرض على طول اتجاه معين على الخريطة الكنتورية والتعبير عنه بأي صورة من الصور السابقة على النحو التالي:

١- **درجة الانحدار**: هي الزاوية المحصورة بين المستوى الأفقي وسطح الأرض وينبغي عند حساب درجة الانحدار على طول خط (اتجاه) محدد على الخريطة بين نقطتين إيجاد فرق المنسوب بين هاتين النقطتين وكذلك حساب المسافة الأفقية بينهما في الطبيعة عن طريق قياس المسافة بينهما على الخريطة ومقياس الرسم، ثم قسمة فرق المنسوب على المسافة الأفقية. ويعتبر ناتج القسمة هو ظل (ظا) درجة الانحدار، وبالكشف عن الزاوية المقابلة لهذا الظل في جداول الظلال يتم الحصول على الزاوية (الدرجة) المطلوبة.

إذا كان المطلوب حساب درجة انحدار سطح الأرض بين النقطتين أ، ب على الخريطة، وكان منسوب (أ) ١٢٠م ومنسوب (ب) ٧٣.٧٥م، والمسافة الأفقية بينهما في الطبيعة ٤٣٠م فإن:

$$\text{ظا درجة الإنحدار} = \frac{\text{فرق المنسوب}}{\text{المسافة الأفقية}} = \frac{١٢٠ - ٧٣.٧٥}{٤٣٠} = \frac{٤٦.٢٥}{٤٣٠} = ٠.١٠٧٦$$

وبالكشف في جداول الظلال (أو باستخدام الآلة الحاسبة) فإن درجة الانحدار = ٢٩ ً ٨٠ ٍ ٠٦°.

٢- **نسبة الانحدار**: هي النسبة بين فرق المنسوب والمسافة الأفقية، ويجب أن يكون الحد الأيمن للنسبة واحد صحيح. في المثال السابق نسبة الانحدار هي:

فرق المنسوب : المسافة الأفقية

٤٦.٢٥ : ٤٣٠

١ : ٩.٢٩

وتعني هذه النسبة أن كل ١م فرق منسوب يقابله مسافة أفقية قدرها ٩.٢٩م.

ويمكن حساب درجة الانحدار من نسبة الانحدار، وذلك بقسمة الحد الأيمن للنسبة على الحد الأيسر $(\frac{١}{\_})$، وناتج القسمة هو قيمة ظل (ظا) الدرجة (الزاوية) المطلوبة والتي يتم الحصول عليها بالكشف في جداول الظلال ـ $= \frac{١}{٩.٢٩} = ٠.١٠٧٦$ ٢٩ ً ٠٨ ٍ ٠٦

٣- **معدل الانحدار**: هو النسبة المئوية لخارج قسمة فرق المنسوب على المسافة الأفقية أي النسبة المئوية لظل درجة الانحدار. وهو أيضاً النسبة المئوية لخارج قسمة الحد الأيمن لنسبة الانحدار على الحد الأيسر. ففي المثال السابق:

$$\text{معدل الانحدار} = \frac{\text{فرق المنسوب}}{\text{المسافة الأفقية}} \times ١٠٠ = \frac{٤٦.٢٥}{٤٣٠} \times ١٠٠ = \%١٠.٧٦$$

وكذلك معدل الانحدار = $\frac{\text{الحد الأيمن لنسبة الانحدار}}{\text{الحد الأيسر لنسبة الانحدار}} \times ١٠٠ =$

$= \frac{١}{٩.٢٩} \times ١٠٠ = ١٠.٧٦\%$

ويعني هذا المعدل أن كل ١٠٠م مسافة أفقية يقابلها فرق منسوب قدره ١٠.٧٦متراً. وبذلك يمكن حساب نسبة الانحدار من معدل الانحدار (١٠.٧٦%) على النحو التالي:

فرق المنسوب : المسافة الأفقية

١٠.٧٦ : ١٠٠

١ : ٩.٢٩

كما يمكن حساب ظل (ظا) درجة الانحدار من معدل الانحدار (١٠.٧٦%) وبالتالي الحصول على درجة الانحدار.

ظا درجة الانحدار = $\frac{١٠.٧٦}{١٠٠}$ = ٠.١٠٧٦ وبالكشف في جداول الظلال

∴ درجة الانحدار = ٢٩ ً ٠٨ ً ٠٦°

ثالثاً: تعيين أنواع المنحدرات:

المنحدر Slope هو مصطلح وصفي يصف طبيعة التغير في قيمة الانحدار على امتداد اتجاه معين على سطح الأرض أو خط محدد على الخريطة الكنتورية. ويحدد قيمة الانحدار المتغيران فرق المنسوب والمسافة الأفقية، لذا فإن أي تغير في واحد منهما أو في كليهما سوف يؤدي إلى تغيير في هذه القيمة. فعند تساوي المسافة الأفقية مع تغير فرق المنسوب فإن قيمة الانحدار تزداد مع تزايد فرق المنسوب وتتناقص مع تناقصه، أي أن العلاقة بين قيمة الانحدار وفرق المنسوب علاقة

طردية بشرط ثبات المسافة الأفقية.، وعند تساوي فرق المنسوب مع تغير المسافة الأفقية، فإن قيمة الانحدار تتزايد مع تناقص المسافة الأفقية وتتناقص مع تزايد المسافة الأفقية، أي أن العلاقة بين قيمة الانحدار والمسافة الأفقية علاقة عكسية بشرط ثبات فرق المنسوب.

ويمثل الفاصل الكنتوري فرق المنسوب، وقيمة هذا الفاصل ثابتة على الخريطة الكنتورية، وبذلك فإن الذي يؤثر على قيمة الانحدار بالتساوي أو بالتغير زيادة أو نقصاناً هو المسافة الأفقية بين خطوط الكنتور. فإذا كبرت المسافة الأفقية بين خطوط الكنتور صغرت قيمة الانحدار، وإذا صغرت المسافة الأفقية بين خطوط الكنتور كبرت قيمة الانحدار، وإذا تساوت المسافة الأفقية بين خطوط الكنتور تساوت قيمة الانحدار. وبناء على تلك القاعدة البسيطة يمكن تحديد أنواع المنحدرات والتعرف عليها من ملاحظة المسافات الأفقية بين خطوط الكنتور، أو بمعنى آخر ملاحظة مدى تقارب وتباعد خطوط الكنتور من بعضها البعض، وكذلك من فحص مناسيبها. فعندما تتقارب خطوط الكنتور من بعضها البعض دل ذلك على الانحدار الشديد، وإذا تباعدت عن بعضها البعض دل ذلك على الانحدار الخفيف، وإذا تساوت المسافة بين خطوط الكنتور دل ذلك على الانحدار المنتظم وإذا تغيرت المسافة بين خطوط الكنتور دل ذلك على الانحدار غير المنتظم وهكذا. الانحدار الخفيف هو الذي قيمته ١٠° فأقل والانحدار المتوسط ٢٠° والانحدار الشديد ٤٥° وبالتالي يمكن وصف المنحدرات بالخفيفة جداً، الخفيفة، المتوسطة، الشديدة، الشديدة جداً وهكذا يمكن التعبير عن قيمة الانحدار بألفاظ وصفية هي وصف للمنحدرات.

وتتلخص منحدرات سطح الأرض بصفة عامة في مجموعتين:

١- مجموعة المنحدرات منتظمة الانحدار: وهي المنحدرات التي تتساوى على طول امتدادها قيمة درجة الانحدار. أي أن المسافات الأفقية بين خطوط الكنتور تكون متساوية لتمثل ما يسمى بـ Even Slope أي منتظمة الانحدار وتنقسم منحدرات تلك المجموعة إلى:

أ- المنحدر الرأسي Vertical Slope: وهو منحدر تبلغ درجة انحداره ٩٠° أي قائم، وفيه تتطابق خطوط الكنتور فوق بعضها البعض وتظهر وكأنها خط كنتور واحد له عدة مناسيب بعدد خطوط الكنتور المتطابقة. أي أن المسافة الأفقية بين خطوط الكنتور تساوي صفراً.

ب- المنحدر الشديد Steep Slope: وفي تتقارب خطوط الكنتور من بعضها البعض بصورة ملحوظة، وعندما يزداد تقارب خطوط الكنتور تزداد شدة المنحدر ليصبح شديداً جداً. وفي الغالب فإن خطوط الكنتور تميل إلى الاستقامة وقلة التعرج في هذا النوع من المنحدرات.

جـ- المنحدر الخفيف Gentle Stope: وفيه تتباعد خطوط الكنتور عن بعضها البعض بمسافات أفقية ملحوظة، وكلما أزاد التباعد كلما قلت درجة الانحدار حتى يصبح المنحدر خفيفاً جداً.

وهناك يبين المنحدرات الشديدة والمنحدرات الخفيفة المنحدرات متوسطة الانحدار Moderate slope أي أن المسافة الأفقية بين خطوط الكنتور متوسطة.

٢- **مجموعة المنحدرات غير منتظمة الانحدار**: وهي المنحدرات التي تتغير على طول امتدادها قيمة درجة الانحدار من القمة إلى القاعدة. وتضم هذه المجموعة عدة أنواع من المنحدرات حسب طبيعة هذا التغير من أعالي المنحدر إلى أسافلة:

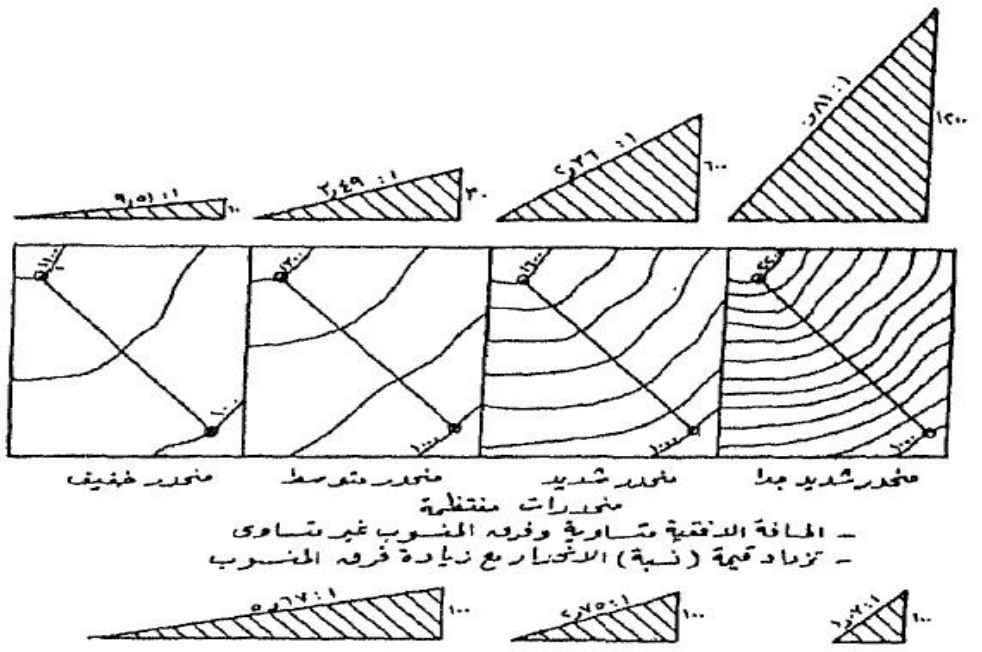
أ- المنحدر المحدب convex slop وهو المنحدر الذي تقل في أعاليه درجة الانحدار ثم تأخذ في التزايد بالاتجاه نحو أسافله. وينعكس ذلك في تباعد خطوط الكنتور عالية المنسوب عن بعضها، ثم تأخذ في التقارب من بعضها البعض بالاتجاه نحو المناسيب الأقل، ويزداد تقاربها عند قاعدة المنحدر.

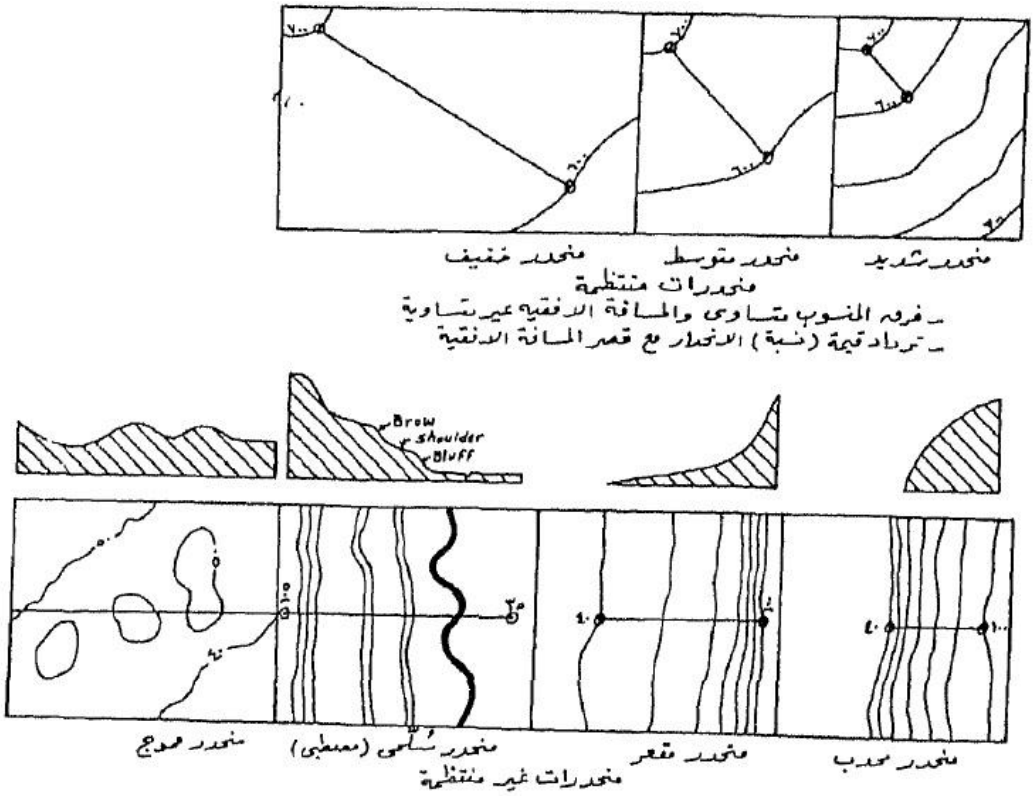
ب- المنحدر المقعر Concave slope وهو عكس المنحدر المحدب إذا أن درجة الانحدار كبيرة في أعاليه وتقل بالاتجاه نحو أسافله. أي أن خطوط الكنتور عالية

المنسوب متقاربة وخطوط الكنتور منخفضة المنسوب متباعدة ويزداد تباعدها عند قاعدة المنحدر.

جـ- المنحدر السلمي أو المدرج Step slope وفيه تتغير درجة الانحدار على طول امتداد المنحدر أكثر من مرة، فتتقارب خطوط الكنتور ثم تتباعد ثم تتقارب ثم تتباعد وهكذا بالاتجاه من قمة المنحدر نحو قاعدته.وبالتالي يمكن التعرف على الأجزاء شديدة الانحدار والأخرى خفيفة الانحدار، ويطلق على الأولى جبهة harrow والأخرى كتف Shoulder. وقد ينتهي المنحدر عند اتصاله بالمناطق السهلية المنبسطة الواقعة عند حضيضة بانحدار شديد فجائي فيطلق عليه في هذه الحالة اسم bluff.

د- المنحدر المموج wavy، وهو منحدر خفيف بصفة عامة تتباعد فيه خطوط الكنتور عن بعضها البعض بصورة ملحوظة، وتوجد بين تلك الخطوط حلقات كنتورية تضم مساحات محدودة، وتمثل تلكم الحلقات الأجزاء المرتفعة والتي تبرز فوق مستوى سطح الأرض خفيفة الانحدار والتي تعطي للمنحدر الشكل المموج. (شكل ١٦).


منحدر خفيف
منحدر متوسط
منحدر شديد
منحدر شديد جدا
منحدرات منتظمة
- المسافة الافقية متساوية وفرقه المنسوب غير متساوى
- تزداد قيمة (نسبة) الانحدار مع زيادة فرقه المنسوب



شكل (١١)

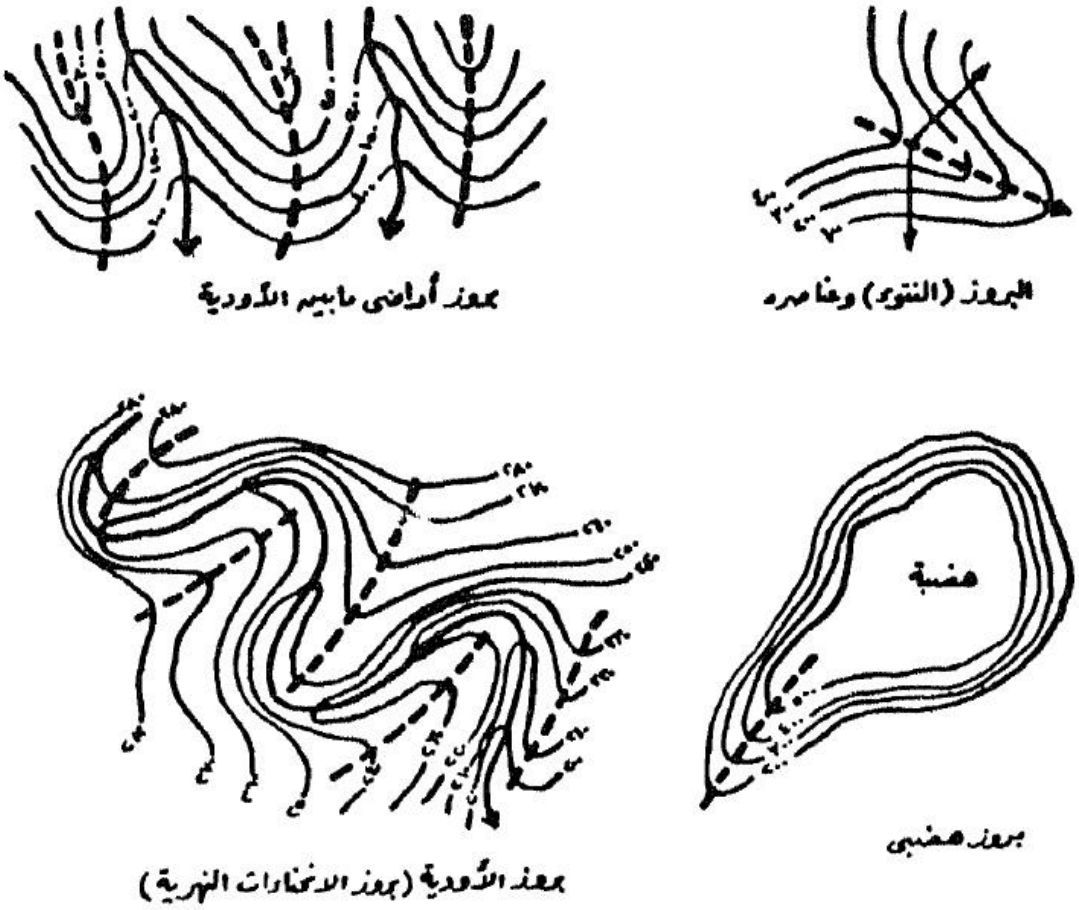
رابعاً: أشكال سطح الأرض:

لما كانت خطوط الكنتور هي الأسلوب المثالي لتمثيل وبيان مظاهر سطح الأرض المختلفة، فإن كل مظهر من أشكال هذا السطح يظهر بصورة معينة إذا ما رسم بخطوط الكنتور. ويمكن التعرف على هذه الأشكال من فحص ودراسة خطوط الكنتور انثناءاتها وتعرجاتها وتداخلها في بعضها البعض وامتداداتها وطبيعة مناسيبها، وكذلك نظام تقاربها وتباعدها عن بعضها. وفيما يلي عرض لأبرز أشكال سطح الأرض. وقد قسمت إلى مجموعات على أساس الاختلاف في الشكل والانحدار والموقع داخل المنطقة الممثلة على الخريطة.

١- البروز أو النتوء Spur:

يقصد بالبروز امتداد ظاهر من جانب الجبل أو الهضبة في الأرض المنخفضة المجاورة. ويظهر على الخريطة الكنتورية على شكل تداخل الكنتور

الأعلى في منسوبها داخل الخطوط الأقل، أي أن خطوط الكنتور تنحني لتشير إلى الأرض المنخفضة الأمامية. وللبروز انحدار طولي على طول محوره وانحدارين جانبيين إلى الخارج ناحية الأرض المنخفضة التي تقع على جانبيه. وتختلف البروزات في مظهرها حسب طبيعة تكوينها ومدى ارتفاعها وامتدادها، ولكن يمكن تصنيفها تبعاً للكتلة المرتفعة الأصلية التي خرجت منها إلى بروز جبلي Mountain spur وبرز هضبي Plateau spur. كما تصنف البروزات تبعاً للظواهر المجاورة لها فهناك البروزات التي تمتد بين روافد الأودية، وفي هذه الحالة ينحدر سطح الأرض على طول امتداد البروز نحو مجارى أو محاور هذه الأودية وهو أكثر تعقيداً في المناطق الجبلية الوعرة شديدة الانحدار عنه في الأماكن محدودة الارتفاع ويسمى ببروز أراضي ما بين الأودية interfluves spur. وفي العادة فإن هذا النوع من البروز قد كونته وأظهرته المجارى المائية المنحدرة على الواجهات الجبلية.

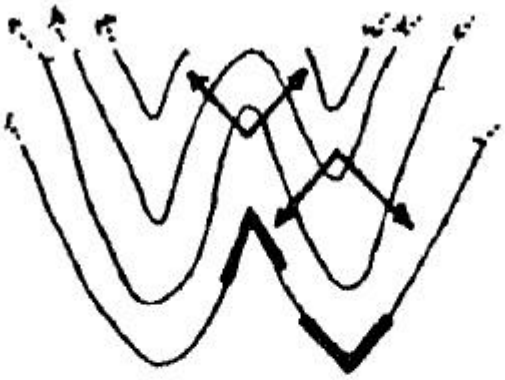


البروز (النتوء) وعناصره

بروز أراضي ما بين الأودية

بروز هضبي

بروز الأودية (بروز الانحناءات النهرية)



الوادى والبروز

ـ لاحظ أن نقاط تغير اتجاه خطوط كنتور البروزات تشير الى الارض المنخفضة الأمامية، بينما تشير نقاط تغير اتجاه خطوط كنتور الوديه إلى الارض المرتفعة الخلفية (منبع الوادى) . ولاحظ أنه شكل ∧ فى حالة البروز يشير الى الارض المنخفضة الجانبية ، بينما شكل ∨ فى حالة الوادى يشير الى الارض المرتفعة الجانبية

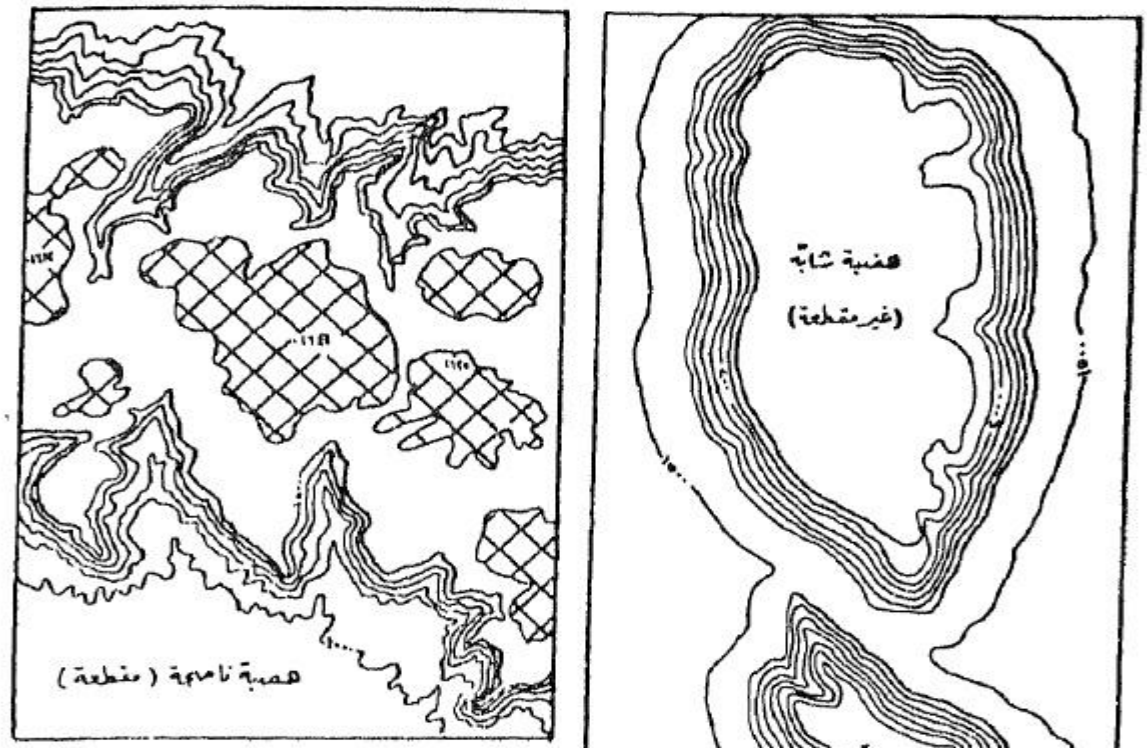
شكل (١٧)

وهناك بروزات الانحناءات النهرية interlocking spur والتي توجد على طول امتداد المجرى النهري في قطاعية الأوسط والأدنى وترتبط بظاهرة منحدر الانحناءة النهرية Slip – Off – Slope.

ويشبه انحناء خطوط الكنتور وتداخلها في بعضه البعض الدالة على ظاهرة البروز تعرجات خطوط الكنتور الدالة على ظاهرة الأودية. لذا يجب العناية بفحص قيم خطوط الكنتور وملاحظة أن انحناء خطوطك الكنتور في حالة البروزات تشير إلى الأرض المنخفضة، بينما تشير انحناءات كنتورات الأودية إلى الأرض المرتفعة (شكل ١٧).

٢- الهضاب Plateaus:

تظهر الهضاب على الخريطة على هيئة خطوط كنتور مقفلة تحصر مساحة متسعة نسبياً خالية من خطوط الكنتور، ولكن قد يوجد بها بعض من نقط المناسيب متقاربة القيم، مما يشير إلى أنها منطقة منبسطة السطح أو شبه مستوية أي على منسوب متقارب، وتمثل تلك المساحة سطح الهضبة. أما جوانب الهضبة فتظهر على شكل خطوط كنتور متقاربة تعكس انحدارها الشديد الذي يشرف على وحدات تضاريسية أخرى عبارة عن منخفضات أو سهول أو هضاب أقل منها ارتفاعاً. ويتحقق هذا الشكل المثالي في الهضاب الشابة حديثة النشأة. كما تظهر الهضيبات الصغيرة Butts بنفس الشكل. أما الهضاب الناضجة فهي التي قطعتها الأودية النهرية المنحدرة على جوانبها والتي تتراجع بعملية النحت الصاعد نحو المنابع على حساب السطح المنبسط والتي تتعمق فيه، فتظهر مختلطة بالشكل الهضبي. إلا أن الأجزاء المنبسطة محدودة المساحة والمتبقية من السطح الأصلي للهضبة فتبدو على شكل حلقات كنتورية مقفلة على منسوب واحد أعلى من نقط منابع الأودية النهرية. وخطوط الكنتور التي تحدد الهضبة كلها لا تظهر بطبيعة الحال قليلة التعرج كما هو الحال في الهضاب البسيطة الشابة بل تظهر شديدة التعرج ومتداخلة تبين البروزات الهضبية وبروزات أراضي ما بين الأودية المنحدرة على جوانبها والتي قطعت سطحها. كما أن بعض الهضاب قد تمتاز بأسطح ذات انحدار عام في اتجاه، ويعرف هذا الانحدار من ملاحظة قيم نقط المناسيب، وقد يظهر فوق سطح الهضبة عناصر تضاريسية بارزة مثل بعض التلال ذات القمم الواضحة. (شكل ١٨).



شكل (١٨)

٤- التلال Hills:

تظهر التلال على الخريطة الكنتورية على شكل حلقات كنتورية مقفلة تأخذ في التزايد في المنسوب تجاه الحلقة الوسطى التي تضم مساحة محدودة تمثل قمة التل. ويمكن تصنيف التلال تبعاً للشكل العام لخطوط الكنتور، فإن كانت تبدو على شكل دائري تقريباً فتمثل تل مستدير، وإن كانت تبدو على شكل بيضاوي فتمثل تل بيضاوي، وإن كانت تبدو متطاولة إلى حد ما فتمثل تل مستطيل. كما يمكن تصنيف التلال تبعاً لعدد القمم التي تمثلها الحلقة الكنتورية الداخلية ذات المنسوب الأكثر ارتفاعاً والتي تمثلها الحلقة الكنتورية الداخلية ذات المنسوب الأكثر ارتفاعاً والتي تمثل ق: التل. فإن كانت هناك حلقة كنتورية واحدة فهو تل بسيط أو تل مفرد القمة، وإن كانت هناك حلقتان فهو تل مزدوج وإن كانت هناك أكثر من حلقتين فهو تل مركب. كما يمكن تصنيف التلال تبعاً لنوع منحدرات جوانبها إلى:

أ- التل القبابي: وهو عبارة عن تل منحدرات جوانب محدبة، بمعنى أن سطح الأرض ينحدر إلى كل اتجاه من نقطة تمثل قمة التل على شكل منحدر محدب. وتضم حلقة كنتور القمة مسافة متسعة نسبياً، وهي صفة تميز هذا النوع من التلال. وتظهر خطوط الكنتور الأعلى في مناسبيها متباعدة بينما يزداد تقارب خطوط الكنتور الأدنى بالاتجاه نحو قاعدة التل.

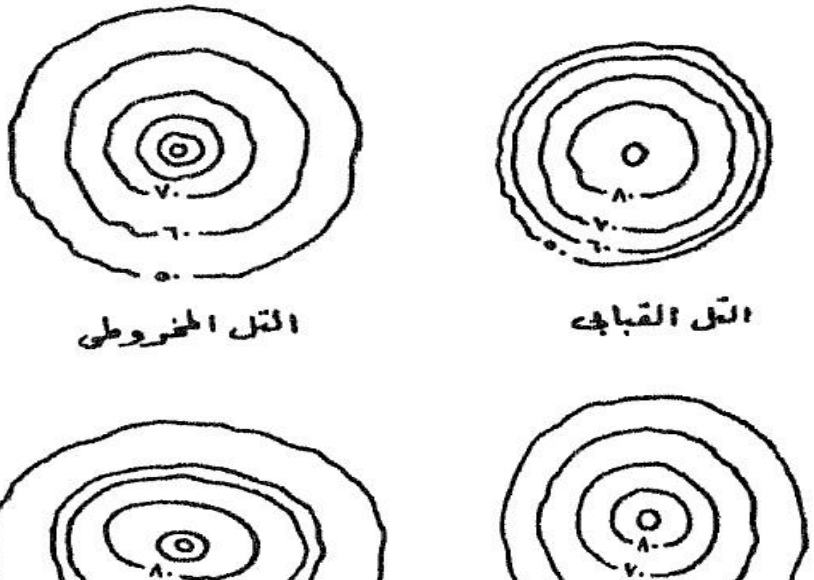
ب- التل المخروطي: وهو تل حاد القمة منحدرات جوانب مقعرة، وتضم حلقة كنتور القمة مساحة محدودة للغاية، وتتقارب خطوط الكنتور الأعلى في منسوبها ثم تأخذ في التباعد بالاتجاه نحو قاعدة التل.

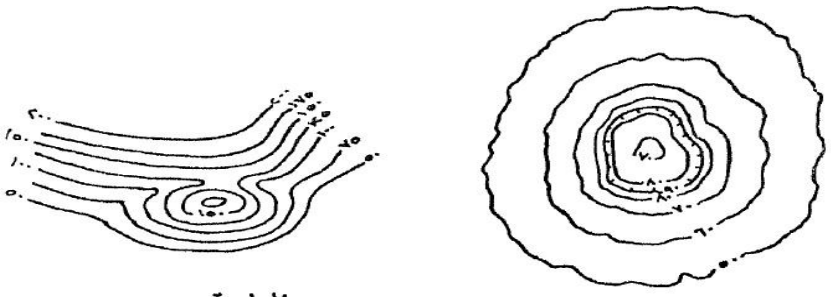
جـ- التل الهرمي: وهو تل منحدرات جوانبه منتظمة الانحدار حيث تتباعد خطوط الكنتور الممثلة لجوانبه بمسافات أفقية متساوية تقريباً من القمة إلى القاعدة.

د- التل المدرج: وهو تل منحدرات جوانبه سليمة الشكل أي أن خطوط الكنتور تتباعد ثم تتقارب، ثم تتباعد ثم تتقارب وهكذا بالاتجاه من القمة إلى القاعدة. وتشير مجموعات التلال من هذا النوع إلى بنية تتكون من طبقات صخرية أفقية متفاوتة في مدى مقاومتها لعوامل التعرية.

وتظهر التلال عادة على الخريطة الكنتورية في مجموعات قد تنتظم في اتجاه معين مما يشير إلى أنها تشترك في أصل النشأة في والعمر الجيورمورفولوجي تقريباً وهناك حالات خاصة من التلال توجد في مناطق النشاط البركاني الحديث حيث يلاحظ وجود حلقة أو حلقتان كنتوريتان في الوسط أقل في منسوبهما من الحلقات المحيطة بهما إلى الخارج، وتشير تلك الكنتورات إلى فوهة التل البركاني.

هـ- الرابية: وهي قمة تلية صغيرة تبدو فوق المنحدرات الجبلية أو الهضبية، وتسمى أحياناً بالقمة الكاذبة. وتظهر على شكل حلقة أو حلقتين كنتوريتين متداخلتين تعترض خطوط الكنتور المتتابعة في مناسيبها والتي تتزايد بالاتجاه نحو القمة الحقيقية للجبل أو نحو سطح الهضبة والتي تمثل منحدر جانب أو الهضبة. (شكل ١٩).



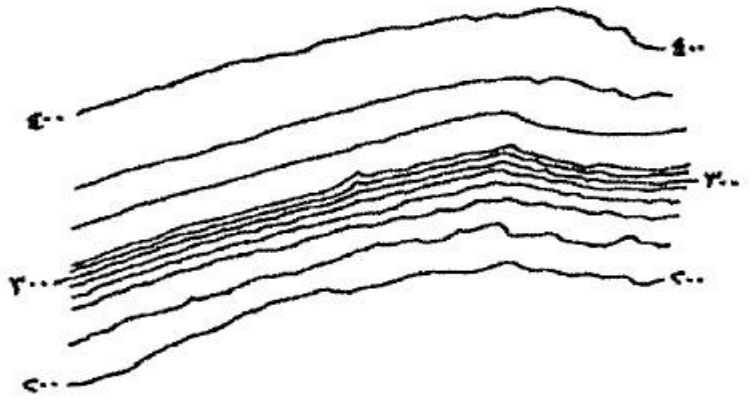


شكل (٢٤) (القمة الكاذبة)

شكل (١٩)

٤- الجروف Cliffs:

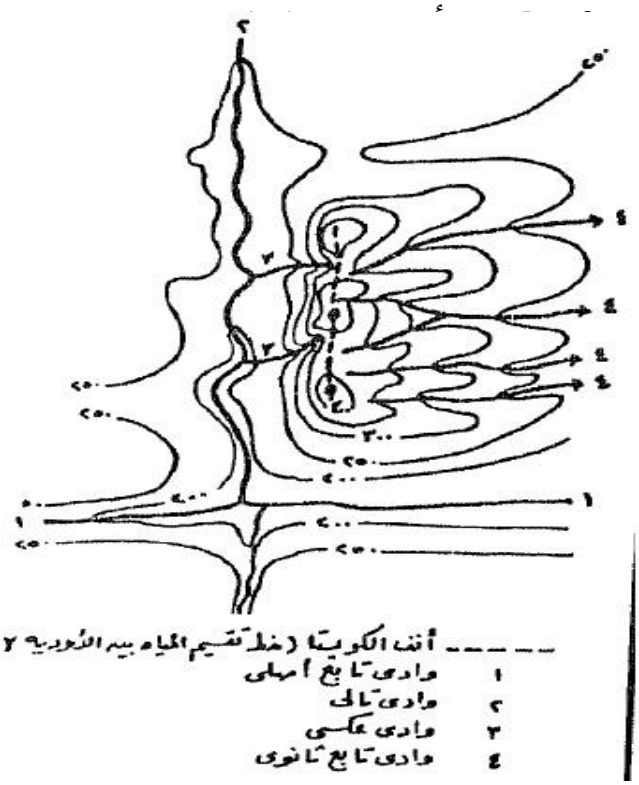
الجرف عبارة عن انحدار شديد على شكل واجهة جبلية تطل على الأرض المنبسطة المجاورة، ويعلوها انحدار خفيف إلى أعلى. ويظهر الجرف على شكل خطوط كنتور متقاربة إلى بعضها البعض دليل على الانحدار الشديد، أما المنطقة خفيفة الانحدار فتظهر على شكل خطوط كنتورية متباعدة وملكنها تواصل التزايد في قيمتها فوق خط الكنتور الممثل للحد العلوي للجرف. (شكل ٢٠).

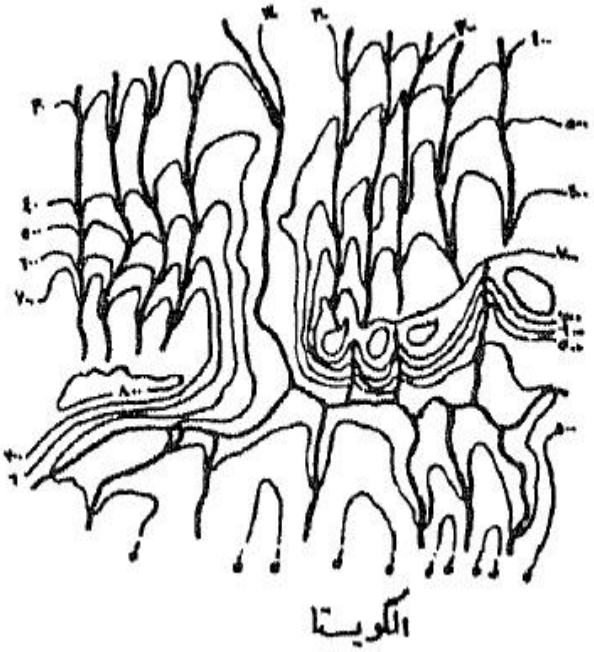


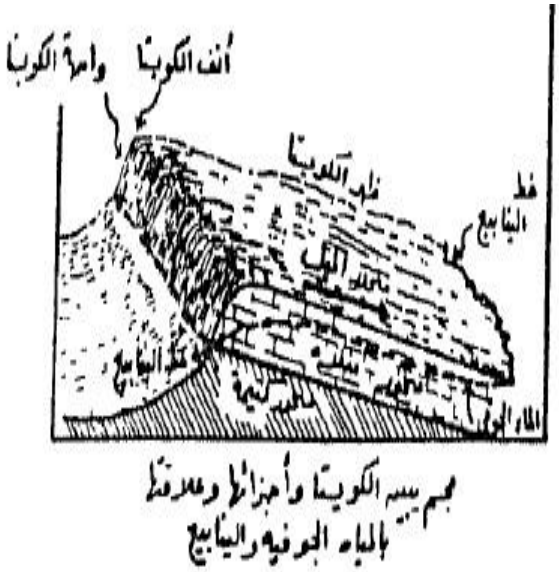
شكل (٢٠)

٥- الكويستات Questa:

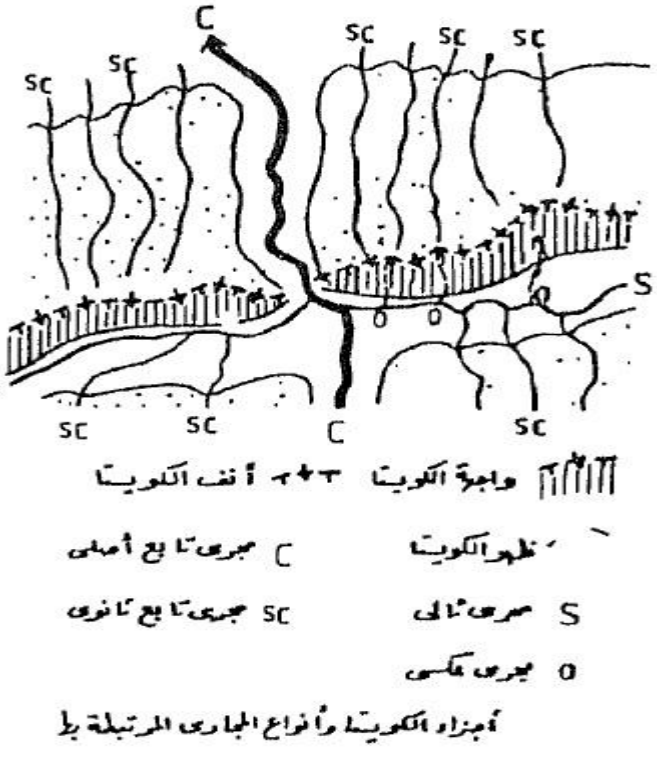
وهي عبارة عن انحدار شديد على شكل واجهة جبلية تطل على الأرض المنبسطة المجاورة، ويعلوها انحدار خفيف إلى أسفل، ويفصل بين هذين الانحدارين المتضادين في الاتجاه خط من القمم المقطعة. ويظهر الانحدار الشديد على شكل خطوط كنتورية متقاربة إلى بعضها البعض ويسمى بالحافة Escarpment أو واجهة الكويسا Face of Questa. أما الانحدار الخفيف إلى أسفل فيظهر على شكل خطوط كنتور متباعدة ولكنها تأخذ في التناقص في قيمها أي الانخفاض في منسوبها بعد خط الكنتور الممثل للحد العلوي للحافة أي بعد خط الكنتور المقفل على نفسه الممثل للقمة أو حلقات الكنتور المقفلة على نفسها والتي تمثل خط القمم. ويمسى







جسم بسيط الكوبتا وأجزائها وعلاقتها
بالمياه الجوفية والتباديع



أجزاء الكوبتا وأنواع المجارى المرتبطة بها

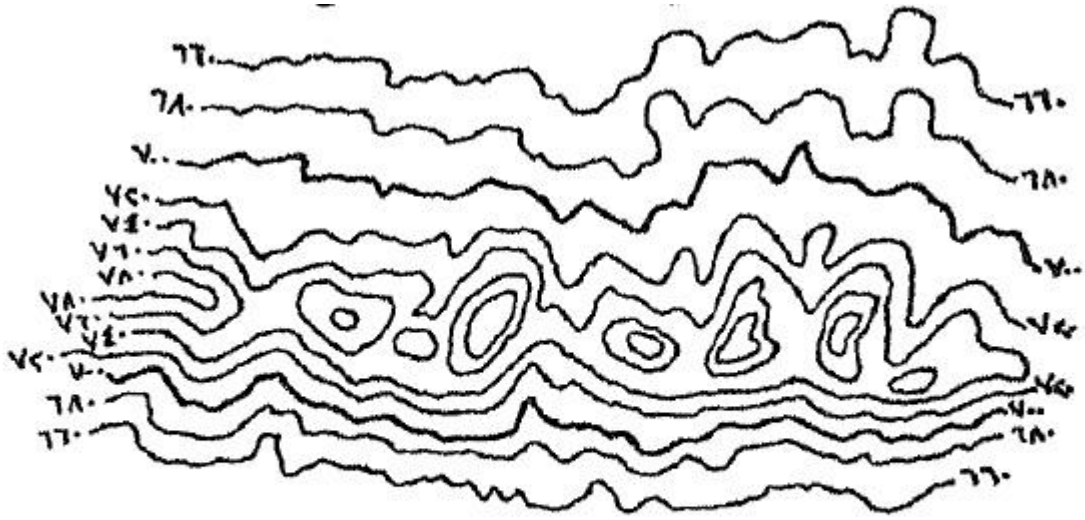
شكل (٢١)

الفاصلة بين الواجهة والظهر فتسمى أنف الكويستا Nose of Questa. ويعتبر أنف الكويستا خط تقسيم مياه بين الأودية المنحدرة على الواجهة وتلك المنحدرة على الظهر.

ويرتبط بالكويستا أنواع من الأودية النهرية أو الجافة، وتعرف الأودية التي تنحدر موازية لأسافل الحافة أو واجهة الكويستا بالأودية التالية Subsequent، والأودية التي تنحدر على الواجهة وهي أودية قصيرة شديدة الانحدار بالأودية العكسية Obsequent، أما الأودية التي تنحدر على ظهر الكويستا أو منحدر الميل وهي أودية متوسطة الطول ومتوسطة الانحدار فتعرف بالأودية التابعة الثانوية Secondary consequent أو resequent. ويعرف هذا المظهر التضاريسي كله بطبوغرافية الكويستا Questa topography. وإذا كانت خطوط الكنتور تشير إلى كويستات متتابعة فإن كل كويستا تمتد من وادي تال إلى الوادي التالي له. ويعرف نظام التصريف المرتبط بالكويستا والذي يتكون من تلك الأنواع الثلاثة من الأودية بنظام تصريف الكويستا. (شكل ٢١).

٦- ظهور الخنازير Hog Backs:

وهي ظاهرة تشبه في شكلها الخارجي وفي عناصرها ظاهرة الكويستا ولكن أصل نشأتها وشروط وظروف تكونها تختلف عن شروط وظروف نشأة الكويستا. تشبه الكويستا في أن لها واجهة ولكنها أقل انحداراً من واجهة الكويستا، ولا تصل إلى حد الزاوية القائمة التي يمكن أن تكون عليها واجهة الكويستا أحياناً، لذا فإن خطوط الكنتور أقل تقارباً. ولها ظهر ولكنه أشد انحداراً من ظهر الكويستا لذا فإن خطوط الكنتور أكثر تقارباً من كنتورات ظهر الكويستا. أما الأنف فيبدو على شكل قمة واضحة تمثله حلقات كنتورية أكثر عدداً وأكثر تقارباً. وبذلك تبدو ظهور الخنازير على الخريطة الكنتورية قريبة الشبه بالضلوع الجبلية. ونتيجة لشدة انحدار عناصرها فإن كنتوراتها أقل تعرجاً وتداخلاً. (شكل ٢٢).



ظهور الخنازير

شكل (٢٢)

٧- السلالة الجبلية Moutain chains:

أ- سلاسل جبلية حادة القمة: وهي عبارة عن مجموعة من الجبال المتجاورة المنتظمة على شكل سلسلة ممتدة لمسافات بعيدة ذات منحدرات شديدة على كلا جانبيها، كما أن اتساعها عند القمة يكون ضيقاً أو منعدماً أحياناً. ويظهر خط كنتور القمة على شكل حلقة لها امتداد طولي ملحوظ. وقد تشير إلى القمة حلقة كنتورية واحدة أو عدة حلقات متجاورة لا يفصلها عن بعضه إلا مسافات محدودة للغاية. أما كنتورات الجانبين فمستقيمة وقليلة التعرج ومتقاربة إلى بعضها بصورة ملحوظة.

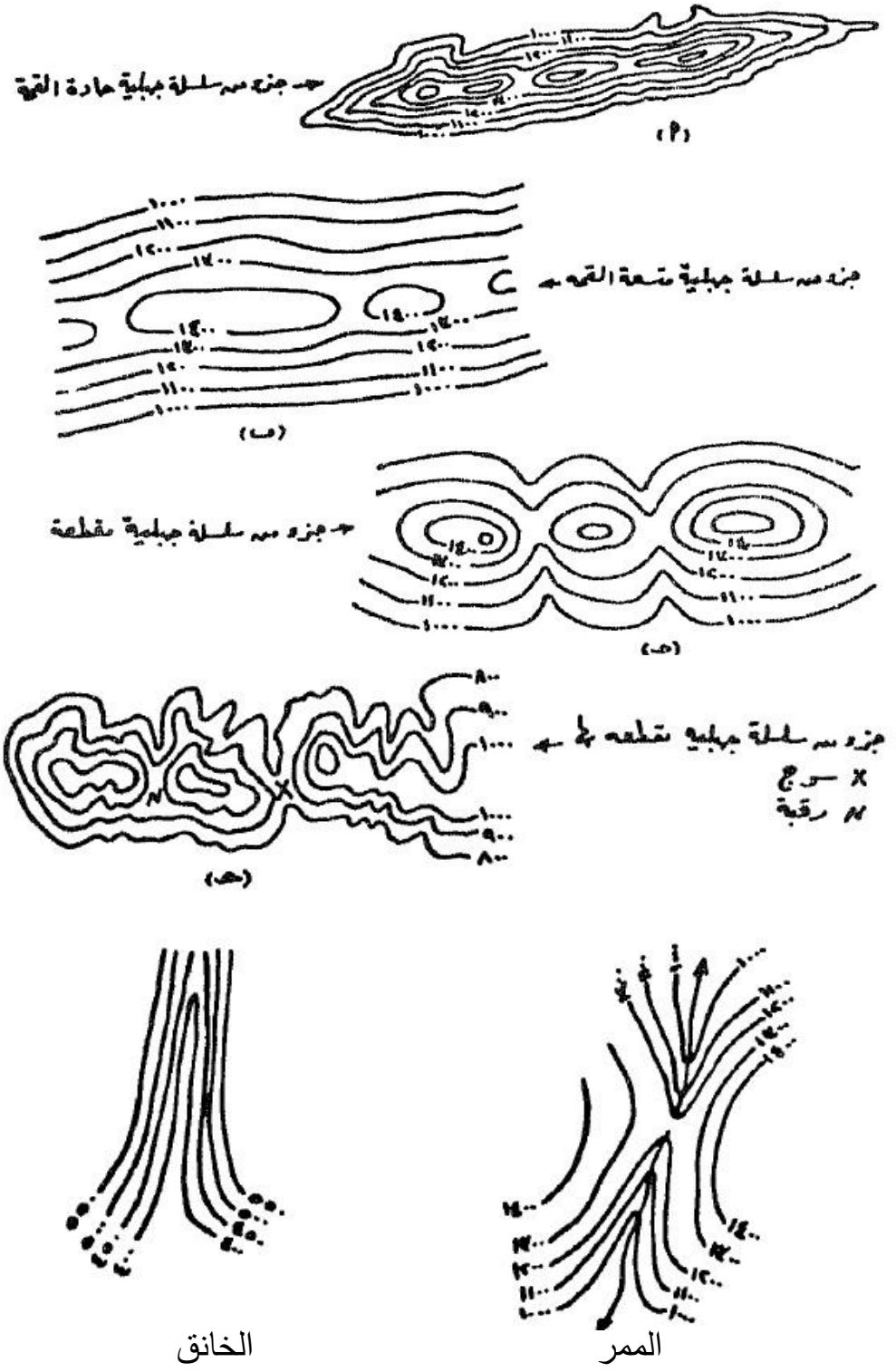
ب- سلاسل جبلية متسعة (مسطحة) القمة: وهي سلسلة من الجبال تختلف عن النوع السابق باتساع قمتها وظهور بعض القمم المنعزلة، كما أن انحدار جانبيها قد لا يكون شديداً في بعض الأحيان. وتظهر خطوط كنتور القمة على شكل حلقات تضم مساحات متسعة نسبياً، أما كنتورات الجوانب فتظهر متعرجة إلى حد ما ومتداخلة حيث تنحني خطوط الكنتور الأقل في منسوبها داخل خطوط الكنتور الأعلى ولكن بدون تعمق في المنطقة المرتفعة. وتتباعد خطوط الكنتور عن بعضها بمسافات متوسطة بصفة عامة.

جـ- السلاسل الجبلية المقطعة: وهي عبارة عن مجموعة من القمم المنعزلة التي تمتد في اتجاه واحد وتختلف في اتساعها وارتفاعها ودرجات انحدار جوانبها ولكن تضمها قاعدة واحدة. وتظهر القمم على شكل حلقات كنتورية متتابعة وتضم الحلقة الوسطى مساحة متسعة نسبياً. أما الرصيف الجبلي الذي تبرز فوقه تلك القمم المنعزلة فتمثله خطوط كنتور شديدة التعرج والتداخل تشير إلى ظواهر مختلفة مثل الثغرات والأودية والخوانق والممرات والمضايق والسروج.

د- الجبال ذات القمم الهرمية: تتشكل الجبال الهرمية في المناطق التي كانت متأثرة بفعل الجليد والظروف المناخية المصاحبة له، فهي البقية الباقية من المناطق الجبلية المرتفعة التي كان يتجمع ويتراكم فوقها الجليد مكوناً حقلاً جليدياً ضخماً، حيث تنزلق منه السنة جليدية تنحت رأسياً في جسم تلك المنحدرات وتكون عند أسفل المنحدر الجبلي حوضاً صخرياً منخفضاً عن المناطق المجاورة يعرف باسم الحلبة الجليدية Cirque. وقد تتكون في قاع الحلبة بحيرة دائرية الشكل تعرف باسم بحيرة الحلبة الجليدية Cirque lake. وفي الواقع ينساب من الحقل الجليدي عدة ألسنة جليدية متجاورة ينحخت كمل لسان حخلبته، ومع استمرار عملية النحت الرأسي والتوسيع الجانب تنمو الحلبة جانبياً على حساب المنحدر الجبلي كما تتراجع نحو الخلف ناحية الأرض المرتفعةالتي يتراكم فوقها الحقل الجليدي. ونتيجة لهذا النمو الجانبي تظهر ظاهرة السيوف أو الضلوع الجبلية Aretes وهي البقية الباقية من المنحدرات التي كانت تفصل بين مسارات الألسنة الجليدية عن بعضها. ونتيجة للتراجع الخلفي للحلبات على حساب الأرض المرتفعة تظهر ظاهرة الجبال الهرمية materhorn تتصف جوانبها بشدة الانحدار والوعورة والتي يبرز منها السيوف الجبلية.ولذلك يلاحظ عادة تواجد الظواهر الثلاث مع بعضها.

وتظهر خطوط كنتور القمة الهرمية على شكل حلقات تمتد منها أذرع تمثل السيوف الجبلية حيث تتداخل الكنتورات المرتفعة في الكنتورات الأقل منها في المنسوب أي على شكل بروزات حادة حيث تتقارب خطوط الكنتور. وتفصل تلك البروزات بين

مناطق حوضية منخفضة هي الحلبات الجليدية التي تمثلها خطوط كنتور متداخلة. (شكل ٢٣).



شكل (٢٣)

٨- الأحواض Basins:

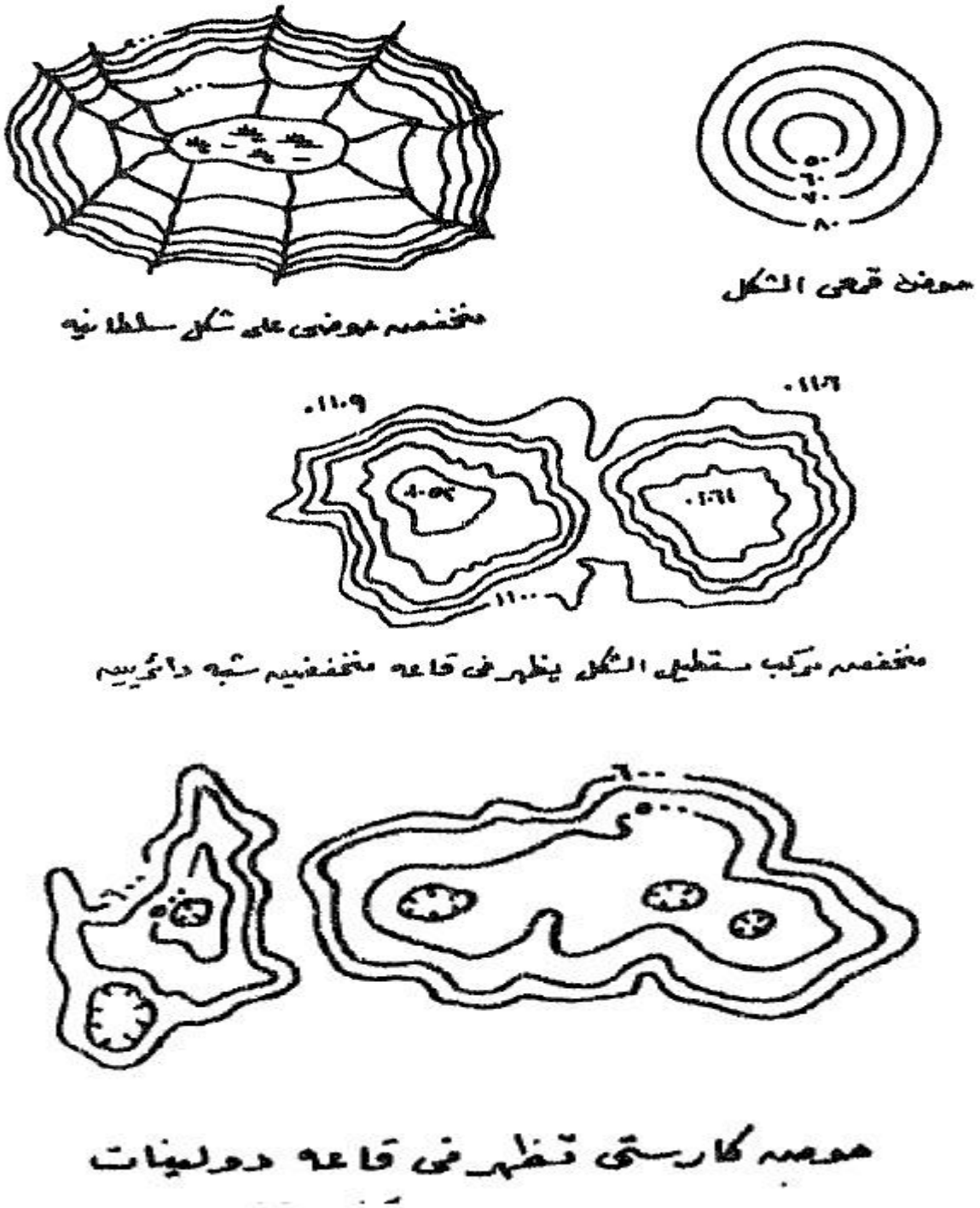
الحوض Basin عبارة عن منخفض Depression ترتفع جوانبه في جميع الجهات وتنحدر سفوحه نحو منطقة منخفضة في وسطه. ويتباين شكل الحوض واتساعه تبعاً لظروف نشأته ومرحلة تطوره. وتظهر الأحواض على الخريطة الكنتورية بنفس الهيئة التي تظهر بها التلال، فهي تظهر على شكل حلقات كنتورية مقفلة ولكنها تتناقص في مناسيبها نحو الحلقة الكنتورية الوسطى التي تمثل قاع الحوض وتتزايد نحو الجوانب. ويمكن تصنيف الأحواض تبعاً للشكل العام لخطوط الكنتور، فإن كانت تبدو على شكل دائري تقريباً فالحوض دائري، وإن كانت تبدو متطاولة فالحوض طولي. كما يمكن تصنيف الأحواض تبعاً لنوع منحدرات جوانبها إلى:

أ- الحوض قمعي الشكل: وهو حوض جوانبه منتظمة الانحدار وقاعة محدود الاتساع، وتمثله خطوط كنتور حلقية تتباعد عن بعضها بمسافات أفقية متساوية تقريباً، وتأخذ في الانخفاض في المنسوب نحو حلقة الكنتور الوسطى التي تضم مساحة محدودة الاتساع تمثل قاع الحوض.

ب- الحوض مفلطح الشكل: وهو حوض جوانبه مقعرة الانحدار وقاعه متسع، وتمثله حلقات كنتورية تتقارب من بعضها البعض في مناسيبها العليا وتتباعد في مناسيبها الدنيا عند قاع الحوض الذي تمثله حلقة كنتورية وسطى تضم مساحة متسعة. وقد تنحدر بعض خطوط التصريف على الجوانب وتنصرف في قاع الحوض الذي تشغله عادة بركة قد تكون موسمية يحل محلها في الفصل الجاف سبخة.

جـ- الأحواض الكارستية: وهي أحواض تنشأ في مناطق صخور العائلة الكلسية التي تتميز بالسمك الضخم وكثرة الشقوق والفواصل مثل الحجر الجيري والدولوميت والتي تسقط عليها كمية غزيرة من الأمطار. وتنشأ بفعل الإذابة والتحلل الرأسي البطيء وتسمى بالوعة الإذابة Solution sinks. وقد تنشأ نتيجة سقوط الصخر فوق تجويف باطني تكون نتيجة الإذابة أيضاً وتسمى بالوعة الانهدام Collapse

sinks. ويستخدم تعبير دولينا Doline للتعبير عن كلا النوعين. وهناك نوع ثالث يعرف بوعاء الإذابة Solution pan وهو عبارة عن حوض ضحل يشغل مساحة كبيرة، وقد يوجد في قاعة دولينات. (شكل ٢٤).


منخفض مغلق على شكل سلطانية
منخفض مغلق قمعي الشكل
منخفض مركب مستطيل الشكل يظهر في قاعة منخفضين شبه دائريين
منخفض كارستي تظهر في قاعة دولينات

شكل (٢٤)

٩- الأودية والظاهرات المصاحبة لها:

الوادي هو المنطقة المنخفضة ذات الامتداد الطولي التي تظهر قاطعة للهضاب والمرتفعات ومتشبعة فيها.

أ- الوادي النهري River Valley: يدل على الوادي النهري خطوط كنتور متداخلة في بعضها البعض بحيث ينحني خط الكنتور الأدنى داخل خط الكنتور الأعلى، أي أن خطوط الكنتور تنحني لتشير نحو المنابع أو الأرض المرتفعة. ولذا يطلق عليها أحياناً الخطوط المنعكسة، ومن ثم يمكن من أول لمحة للخريطة الكنتورية التعرف على الأودية من اتجاه رؤوس خطوط كنتوراتها، وكذلك إذا كان هناك خط يدل على المجرى الذي يجرى في قاعها. أما إذا لم يوجد الخط الدال على المجرى النهري فيمكن تحديده بصورة تقريبية عن طريق توصيل نقط تغير اتجاه خطوط الكنتور بخط متعرج متصل.

ب- الوادي الجاف Dry Valley: ويبدو لأول وهلة على الخريطة وكأنه بروز جبلي لأن خطوط الكنتور تبدو متشابهة في كلا الحالتين خاصة وأنه لا يوجد مجرى ينحدر في قاع الوادي وبالتالي لا يجود الخط الدالي عليه. ويجب في هذه الحالة فحص قيم خطوط الكنتور بعناية، وملاحظة أن خطوط كنتور هذا الوادي الجاف تتداخل وتنحني نحو الأرض الأكثر ارتفاعاً تماماً كما في حالة الوادي النهري. ولكن يلاحظ أن درجة انحناء خطوط كنتور الوادي الجاف عند نقط تغير الاتجاه أقل من درجة انحناء رؤوس كنتورات الوادي النهري. ويرسم مجرى الوادي الجاف أو محوره على شكل خط مقطع.

جـ- الوادي الجليدي Glacier: تشبه خطوط الكنتور الدالة عليه كنتورات الوادي النهري من حيث تداخل خطوط الكنتور الأقل في منسوبها نحو خطوط الكنتور الأعلى. ولكن يميزه أن خطوط الكنتور تظهر شبه مستقيمة عند نقط تغير الاتجاه، كما تظهر متباعدة في القاع ومتقاربة على الجانبين، وتظهر خطوط كنتور جانب الوادي مستقيمة عند مقدمات أراضي ما بين الأودية كما لو كانت مجدوعة، وهذه الصفة تميز الوادي الجليدي.

د- الوادي الغائر Sinking creek: وهو قطاع أو جزء جاف Dry Bed من وادي نهري، ويرجع جفافه إلى تحول المياه السطحية إلى مسالك جوفية، وتسمى النقطة التي يتحول عندها النهر من مجرى سطحي إلى مسلك أرضي بنقطة الغور Sink، وهي على هيئة بالوعة Swallow. وقد تعاود المياه الغائرة الظهور في صورة مجرى سطحي عند حفرة شبه دائرية تسمى حفرة (نقطة) الانبثاق Rise pit. وتظهر خطوط الكنتور هذا النوع من الأودية بنفس الطريقة التي يظهر بها الوادي النهري، ولكن في قطاعه الغائر يبدو وادياً جافاً بدءاً من نقطة على الخريطة هي نقطة الغور. ويلاحظ عادة على الخريطة الكنتورية أن الأودية الرئيسية الكبرى لا يختفي جزء منها تحت سطح الأرض ولكن روافدها التي كانت تتصل بها أصبحت تنتهي بعيداً عنها وتختفي عند نقطة الغور. وقد يلاحظ وجود روافد قصيرة تتصل بالمجرى الرئيسي عند قاع الوادي ومصدر مياهها هي المياه العائدة إلى سطح الأرض عن طريق ينابيع تسمى Rises أو Resurgences.

هـ- الوادي المعلق Hanging Valley: وهي ظاهرة تنتشر في الأودية الرافدية التي تنتهي في وادي رئيس تأثر بفعل الجليد، كما تظهر في أودية المناطق الجافة، وفي بعض الأودية التي تنصرف إلى مستوى القاعدة العام في مناطق الجروف الساحلية المتأثرة بحركات الرفع البطيئة. والوادي المعلق هو الوادي الذي يرتفع قاعة في منطقة المصب عن مستوى قاعدته بفرق منسوب ملحوظ. وتظهر خطوط كنتور جانب الوادي الرئيسي في منطقة اتصال الرافد المعلق به غير منشية نحو منبع الرافد بل تستمر في امتدادها الطبيعي.

و- خط تقسيم المياه David: وهو الخط الذي يمر بأعلى منسوب في المنطقة على أطراف المنابع العليا للأدوية والمجارى المائية محدداً حوض كل منها حيث تتوزع المياه الساقطة على هذا الخط وتنحدر في اتجاهين مختلفين أو في اتجاهات مختلفة.

ز- مساقط المياه Water Falls: يوجد المسقط المائي على المجرى النهري، وهو عبارة عن جزء من المجرى يعتبر نسبياً أشد انحداراً من الجزء الذي يعلوه ناحية المنبع والجزء الأدنى منه ناحية المصب، وبذلك تسرع عنده مياه النهر فتزداد قوته ومقدرته على النحت والحمل. وتوجد المساقط على المجرى نتيجة عوامل عديدة لعل من أهمها:

- اختلاف نوع الصخر ونظامه على طول المجرى.
- تأثر بعض أجزاء المجرى بالحركات التكتونية.
- تغير كمية المياه التي تصل إلى أجزاء المجرى المختلفة.
- تغير الظروف المناخية.
- تأثر الوادي بعوامل تعرية أخرى غير النهرية.
- انخفاض مستوى القاعدة الذي ينتهي إليه النهر.

وعلى الرم من تعدد تلك العوامل التي تؤدي إلى نشأة المساقط المائية إلا أن مظهرها وشكلها الخارجي تتشابه كلها في صفة أساسية هي سرعة انحدار (جربا) المياه. وتنعكس شدة الانحدار هذه في صورة تقارب خطوط الكنتور من بعضها عند عبورها المجرى من جانب إلى الجانب الآخر.

حـ- الانحناء النهرية River meander: يعتبر التعرج السمة الغالبة في المجارى المائية، ويرجع أصل نشأتها إلى عوامل عديدة مازال بعضها موضع دراسة وتجريب وتقنين. وتختلف الانحناءات في شكلها من مجرد تعرج بسيط إلى تعرج واسع إلى تعرج متغمق إلى أشكال عديدة من التعرج والانثناء.

وتتخذ خطوط لكنتور المرتبطة بالانحناءة النهرية أشكالاً مختلفة، فتكون موازية لمجرى النهر وقريبة منه، وفي نفس الوقت متقاربة إلى بعضها البعض علىجانبي المجري كما في الانحناءات النهرية المتعمقة incised meanders، وقد يلاحظ

وجود حلقات كنتورية مقفلة في بطن الانحناءة. وتكون متقاربة على الجانب المقعر للانحناءة دليل على الانحدار الشديد الذي يعرف في هذه الحالة بحافة الانحناءة النهرية River bluff، ومتباعدة على الجانب المحدب للانحناءة حيث تشير إلى الانحدار الخفيف الذي يسمى بمنحدر الانحناء النهرية Slip- off slope. وقد يهجر المجرى النهري الانحناءة النهرية ولكن تظل خطوط الكنتور تشير إليها.

ط- قاع الوادي Valley Floor: يختلف اتساع قاع الوادي، فهو أحياناً ضيق وتتقارب خطوط كنتور جانبا الوادي من خط المجرى بصورة ملحوظة وتتقاطع خطوط الكنتور مع خط المجرى على مسافات قصيرة. وعادة ما يلاحظ أن خط المجرى يتسم بالقرب من الاستقامة وقلة التعرج. وأحياناً يتسع قاع الوادي وتبتعد خطوط الكنتور عن خط المجرى وملا تتقاطع معه إلا على مسافات متباعدة. ويظهر خط المجرى على شكل انحناءات واسعة، ويلاحظ أن اتساع القاع يتفق مع اتساع الانحناءة أو نطاق الانحناءة. وأحياناً يظهر القاع فسيح الاتساع، وتبتعد خطوط كنتور جانباً الوادي عن خط المجرى بمسافات أفقية كبيرة. وفي نفس الوقت فإن خطوط كنتور جانب الوادي تظهر متباعدة وتشير إلى بطء انحدار الجانبين، وتتقاطع خطوط الكنتور مع المجرى على مسافات متباعدة ويظهر خط المجرى على شكل انحناءات شديدة التعرج، واتساع الانحناءة أقل بكثير من اتساع قاع الوادي. كما تظهر على الخريطة الكنتورية متوسطة أو كبيرة المقياس ظاهرة البحيرات المتقطعة Ox – bow Ikeas على جانبي خط المجرى.

ي- مصاطب الأودية Valley terraces: توجد المصاطب على جانبي الوادي، وهي عبارة عن أجزاء مستوية أو قريبة من المستوية أي بطيئة الانحدار يحدها من الخلف انحدار شديد إلى أعلى يعرف بمؤخرة المصطبة، ومن الأمام انحدار شديد إلى أسفل ويعرف بمقدمة المصطبة، أما الأجزاء خفيفة الانحدار والتي بين المؤخرة والمقدمة فتعرف بسطح المصطبة. وترج نشأة مصاطب الأودية إلى عوامل عديدة منها:

- اختلاف نوع الصخر ونظامه.

- تأثر الوادي بحركات تكتونية.

- تأثر الوادي بعامل آخر من عوامل التعرية غير التعرية النهرية في فترة سابقة من الفترات الجيولوجية.

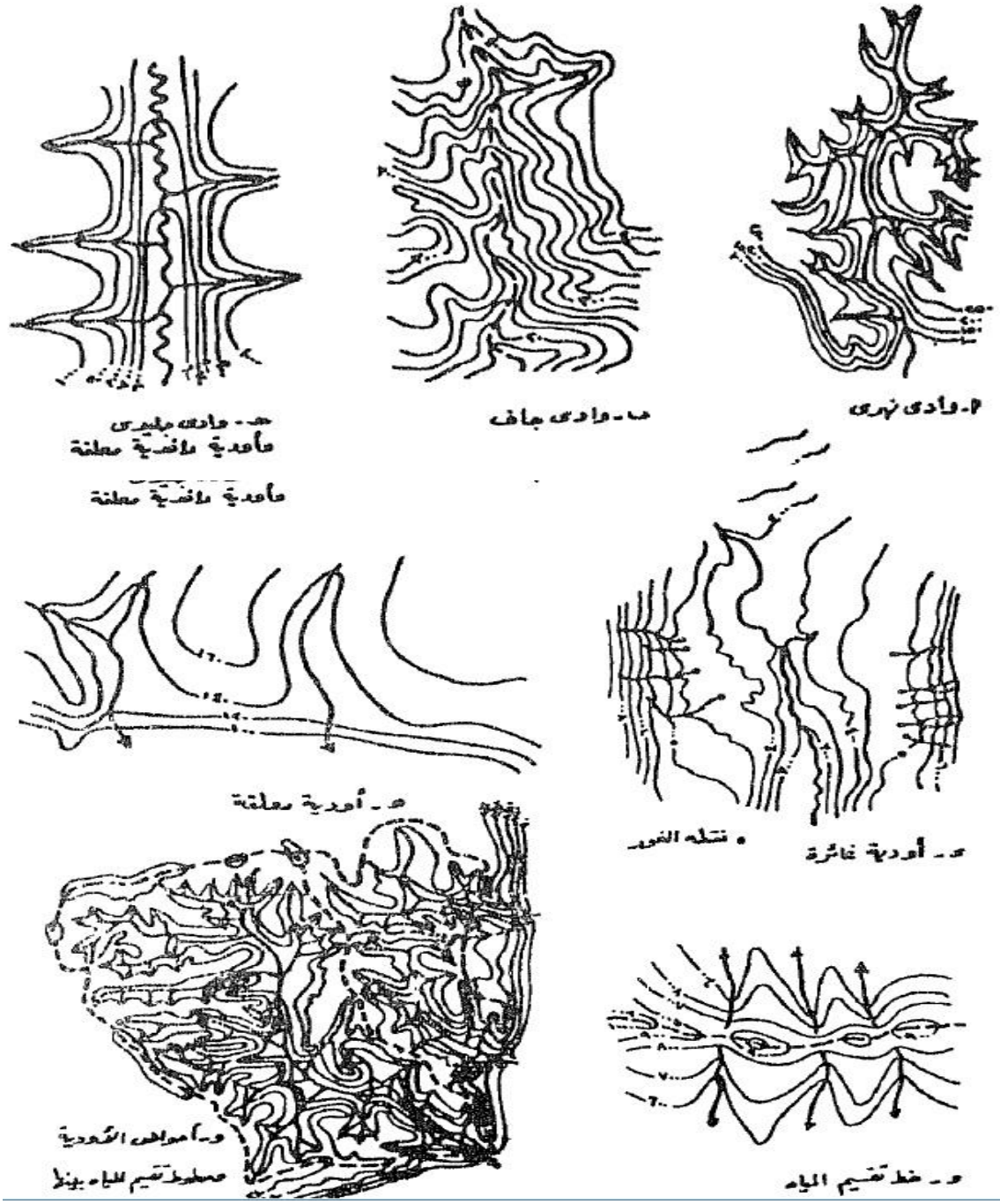
- اختلاف الظروف المناخية.

- هبوط مستوى قاعدة المجرى النهري.

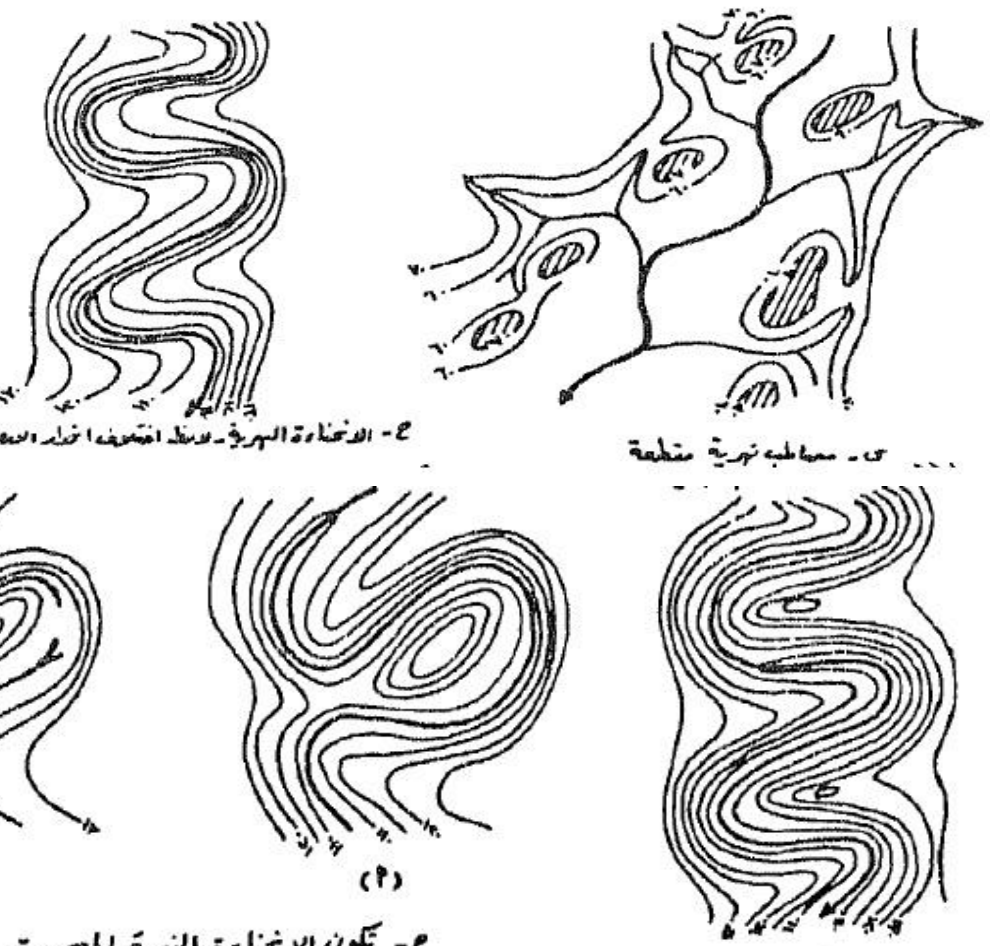
وأياً كان عامل نشأة المصطبة إلا أن شكلها ومظهرها الخارجي متشابه. وقد تمتد المصاطب على جانبي الوادي لمسافات طويلة نسبياً دون انقطاع فيبدو جانب الوادي على شكل منحدر سلمى، وقد تتقطع المصاطب وتظهر على شكل ربوات مبعثرة على طول جانبي الوادي ولكنها في الغالب تبدو كمظهر تضاريس متصل.

وينعكس الانحدار الخفيف الذي يمثل سطح المصطبة على الخريطة الكنتورية يتباعد خطوط الكنتور عن بعضها بمسافات فسيحة نسبياً، أما المنحدرات الشديدة التي تمثل مؤخرة المصطبة أو مقدمتها فتظهر على شكل خطوط كنتور متقاربة إلى بعضها البعض.

ك- أنماط التصريف Drainage patterns: تصنف شبكات التصريف المائي إلى أنماط تلقي ضوء على خصائص البنية من حيث كونها بنية بسيطة أو أفقية الطبقات ضعيفة المقاومة لعمليات التعرية النهرية أو قوية، ومن حيث صخورها مسامية أو منفذة أو كتيمة. وتصنف نظم التصريف إلى تصريف شجري، وتصريف متشابك، وتصريف مستطيل، وتصريف مركزي وآخر متشعع، وتصريف حلقي وتصريف معكوس (مسنن)، وغيرها من النظم المختلفة. ويمكن التعرف على تلك النظم من واقع فحص ودراسة خطوط المجارى المائية على الخريطة الكنتورية. (شكل ٢٥).



ز- المخطط الأفقى أو نقطة التجديد على مجرى النهر أو مسير الوادى الجاف



ج - مجموعة نهرية متقطعة

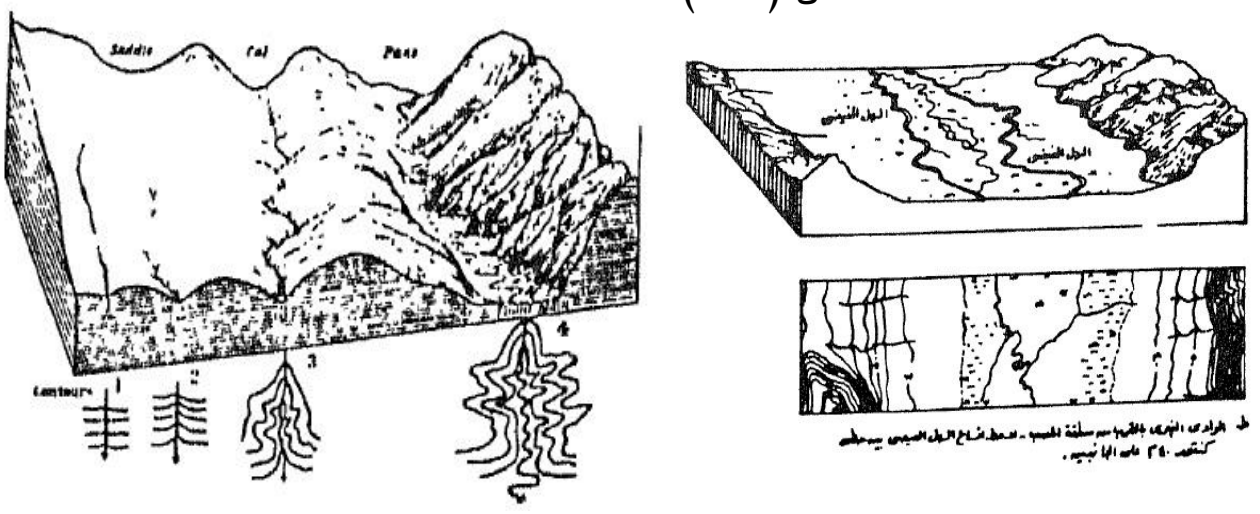
ج - الانحناءة النهرية - لاحظ اختلاف انحدار المنحدر على الجانبين

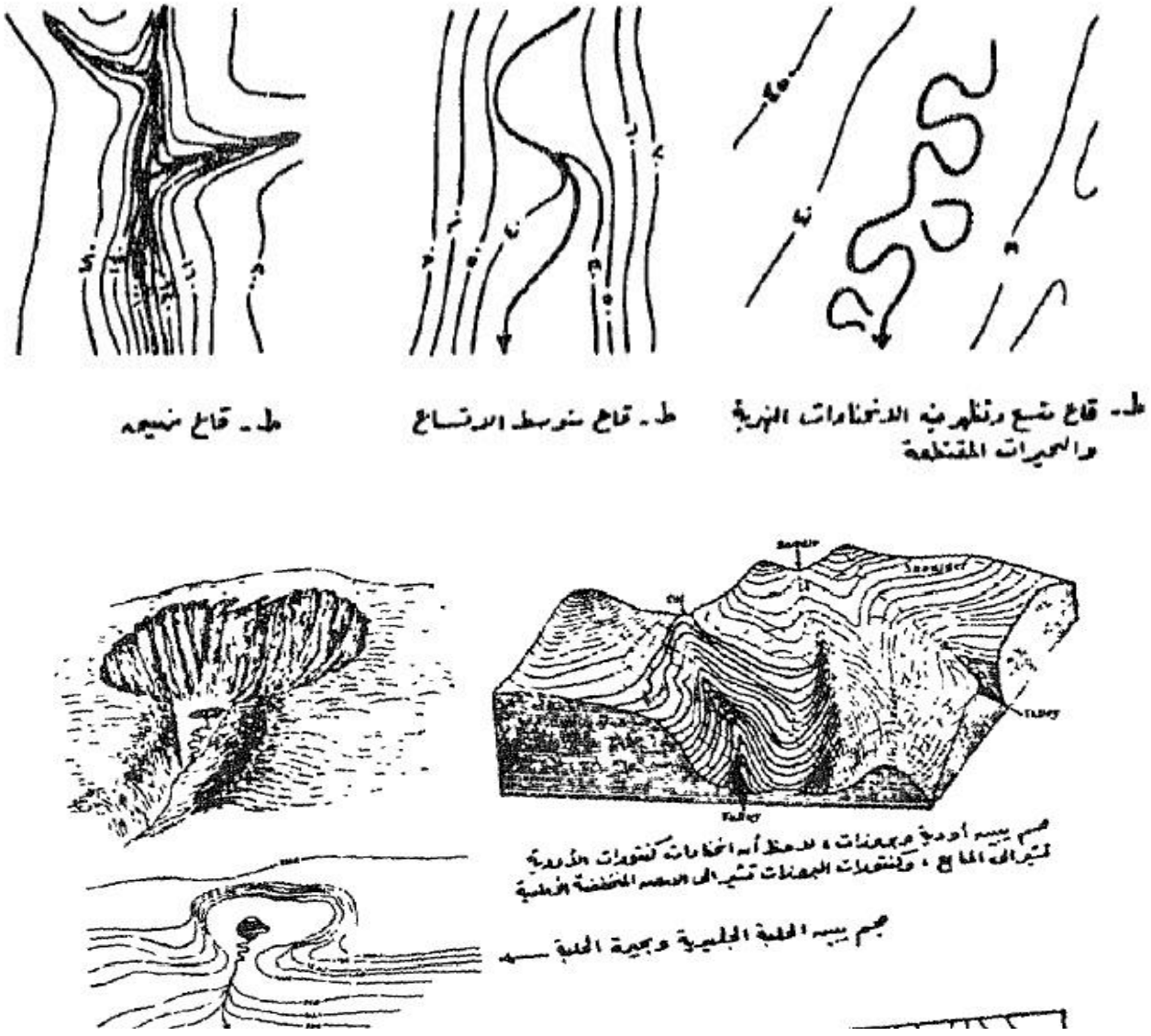
ج - الانحناءة النهرية المتقعرة - لاحظ شدة انحدار المنحدر على جانبي المجرى.

ج - تكون الانحناءة النهرية المتجددة

(ب) (أ)

شكل (٢٦)





شكل (٢٧)

١٠- تعرجات خط كنتور الساحل (صفر) والظاهرات المرتبطة به:

بفصل خط كنتور صفر على الخريطة الكنتورية بين اليابس والماء. ويعتبر خط كنتور صفر خط كنتوري حسابي غير موجود في الطبيعة، فهو ينتج من حساب متوسط حركة سطح البحر انخفاضاً وارتفاعاً. فعند إجراء ميزانية مسلسلة دقيقة من

الروبيرات القريبة من البحر للوصول إلى نقطة منسوبها صفر، يلاحظ أن هذه النقطة قد تكون بعيدة عن البحر أي أنها أعلى من منسوب سطح الماء، أو تكون على قاع البحر أي أنها تحت منسوب سطح الماء، وترجع حركة سطح البحر ارتفاعاً وانخفاضاً إلى عوامل مختلفة منها:

- الحركة الرأسية البطيئة لقاع البحر أو يابس الأرض ارتفاعاً وانخفاضاً، وهي نتيجة الحركة الرأسية التوازنية (الأيزوستاسية) لقشرة الأرض.
- حركة مستوى سطح البحر نتيجة الاختلاف في الظروف المناخية الفصلية وهي حركة طفيفة ولكنها تؤثر في التحديد الدقيق لمستوى سطح البحر.
- حركة الأمواج والتيارات الساحلية والمد والجزر.
- أدى الارتفاع الطفيف في درجة حرارة الغلاف الجوى للأرض نتيجة تزايد غازات أول وثاني أكسيد الكربون، والغازات الكبريتية والغازات الكلورفلورو كربونية إلى انصهار كميات ضخمة من جليد المناطق القطبية وانصارفها إلى البحار المجاورة مما أدى إلى ارتفاع محسوس في مستوى سطح البحر العالي يمكن قياسه عند تحديد مستوى الصفر لإجراء الميزانيات الدقيقة لتثبيت نقط روبير جديدة أو تصحيح وتعديل مناسيب نقط الروبير القديمة.

ويلاحظ من تعرج خط كنتور صفر على الخرائط الكنتورية الظاهرات التالية:

أ- **الرؤوس الأرضية:** وهي عبارة عن بروز أو نتوء من اليابس داخل البحر، ويظهر على شكل انحناء خط كنتور صفر وتداخله في المسطح البحري. وعادة يلاحظ تعرجات أخرى صغيرة في خط الصفر المتداخل في البحر، وفيما بين تلك الرؤوس الأرضية توجد الخلجان.

ب- **الألسنة البحرية Spits:** وهي أصغر حجماً من الرؤوس الأرضية وتظهر على شكل لسان رفيع طويل نسبياً. وهي عبارة عن تكوين رملي يمتد من الأرض اليابسة في مياه البحر. ومصدر الرمال المنطقة الساحلية المجاورة التي يمتد منها والتي

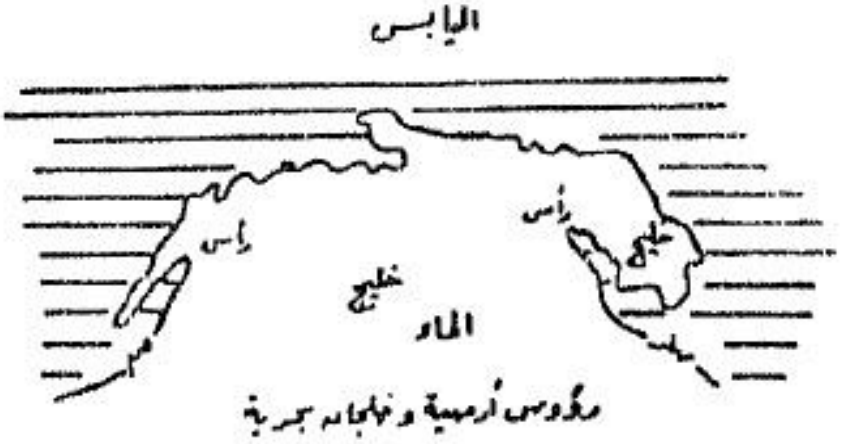
تجرفها التيارات البحرية الساحلية السائدة وتفرشها أمام الساحل، وبتوالي هذه العملية ينمو اللسان طولياً ورأسياً حتى يبرز فوق سطح البحر. ويظهر اللسان البحري على الخريطة الكنتورية حيث يمتد خط كنتور صفر في البحر على شكل إصبع طويل،وقد توجد فوقه بعض الحلقات الكنتورية الصغيرة. ويحصر هذا اللسان البحري بينه وبين الأرض اليابسة جزء من مياه البحر على شكل بحيرة مفتوحة من جانب تعرف باسم البحيرة الساحلية Lagoon.

جـ- الخطاطيف البحرية Hooks: تنتهي الألسنة البحرية عادة بطرف مدبب، ولكن بعضها ينتهي بقوس على شكل خطاف Hook، وقد يتكون أكثر من خطاف فيبدو اللسان البحري مشرشراً Harbed. ويساعد في تكوين الخطاف ضعف التيار البحري حيث لا يستطيع الاحتفاظ بدفع اللسان البحري في خط مستقيم، وبهذا ينحرف طرف اللسان نحو اليابس مرة أخرى ويكون خطافاً. وقد يتصل طرف الخطاف بالأرض اليابسة وتصبح البحيرة الساحلية مغلقة سرعان ما تجف. ولا يختلف شكل خط كنتور الصفر الذي يبين الخطاف البحري عن الشكل الذي يبين اللسان إلا في انحناء طرفه الخارجي نحو اليابس.

د- الحواجز الساحلية Coastal hars: يظهر الحاجز البحري على شكل أرض جزرية تحصر، بينها وبين الكتلة اليابسة بحيرات ساحلية واسعة طولية الشكل. وقد تظهر الحواجز قصيرة غير متصلة، وقد تظهر متصلة على شكل جزيرة تمتد موازية للساحل لمسافات بعيدة. والحاجز البحري جسم رملي إرسابي تكون على طول خط تقابل الأمواج العائدة إلى البحر والتي تحمل المفتتات التي جرفتها من اليابس مع الأمواج القادمة من البحر صوب اليابس، وعلى طول هذا الخط تنشط عملية الإرساب نتيجة ضعف الأمواج العائدة ومقدرتها على حمل المفتتات فتترسب على القاع. وباستمرار هذه العملية ينمو الحاجز تدريجياً حتى يصبح أعلى منسوب سطح البحر. ويظهر الحاجز على الخريطة الكنتورية حيث يصنع خط كنتور صفر حلقة كنتورية طولية على شكل جزيرة أمام الساحل.

هـ المصبات الخليجية Estuaries: المصب الخليجي عبارة عن ذراع من مياه البحر قليل العمق يتوغل داخل الكتلة الأرضية اليابسة المجاورة، والأرض من حوله ذات تموجات بسيطة. وقد يكون للذراع فروع عديدة، ولكل فرع فروع ثانوية وتنشأ المصبات الخليجية نتيجة ارتفاع في مستوى سطح البحر وطغيانه على الأحباس الدنيا للأودية النهرية المحفورة في سهل ساحلي محدود الارتفاع خفيف الانحدار والتي تنتهي إليه مما يؤدي إلى امتداد مياه البحر إلى مسافات بعيدة وغمر أجزاء واسعة. ويظهر المصب الخليجي على الخريطة الكنتورية حيث يمتد خط كنتور صفر في اليابس على شكل إصبع طويل، وقد يبدو على شكل كف اليد الذي يمتد منه أصابع عديدة. وهناك نوع من المصبات الخليجية تعرف باسم Rias وهي تنشأ نتيجة طغيان البحر وغمره للأجزاء الدنيا للأودية العميقة نسبياً والتي تمتد في أرض جبلية، ويحول عمق الأودية وشدة انحدار جوانبها وقطاعها الطولي دون توغل مياه البحر لمسافة كبيرة داخل اليابس. ولذلك يلاحظ أن خط كنتور صفر لا يمتد في اليابس لمسافات بعيدة وقد لا تكون له فروع.

و- الفيوردات Fjords: تختلف الفيوردات كثيراً عن المصبات الخليجية فهي ضيقة في طول امتدادها ومستقيمة تقريباً وجوانبها رأسية أو شديدة الانحدار ولها فروع كثيرة تمتد في اليابس لمسافات بعيدة. ولذلك يلاحظ أن خط كنتور صفر شديد التعرج والتداخل والتوغل في اليابس، كما تظهر أمامه جزر ذات أشكال ومساحات مختلفة. كما يلاحظ أن كنتورات اليابس المجاورة لخط كنتور صفر تكاد توازيه وهي في نفس الوقت متقاربة بصورة ملحوظة. والفيوردات ما هي إلا أودية حفرها الجليد ثم انزاح عن

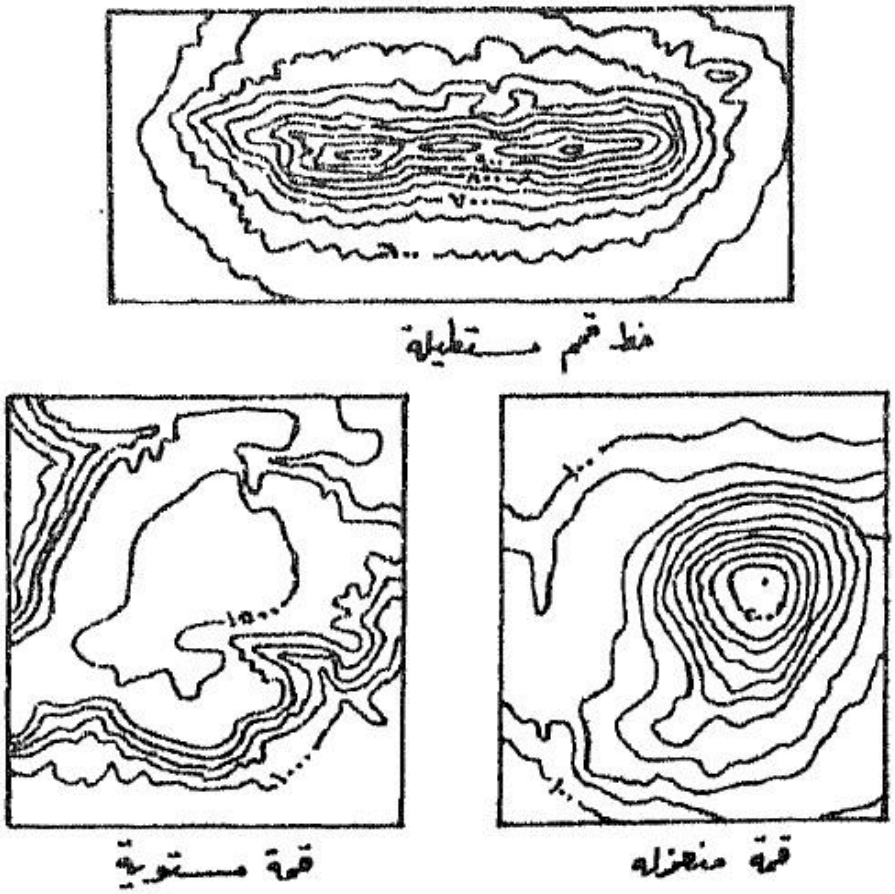


شكل (٢٨)

خامساً: تحليل الخريطة الكنتورية:

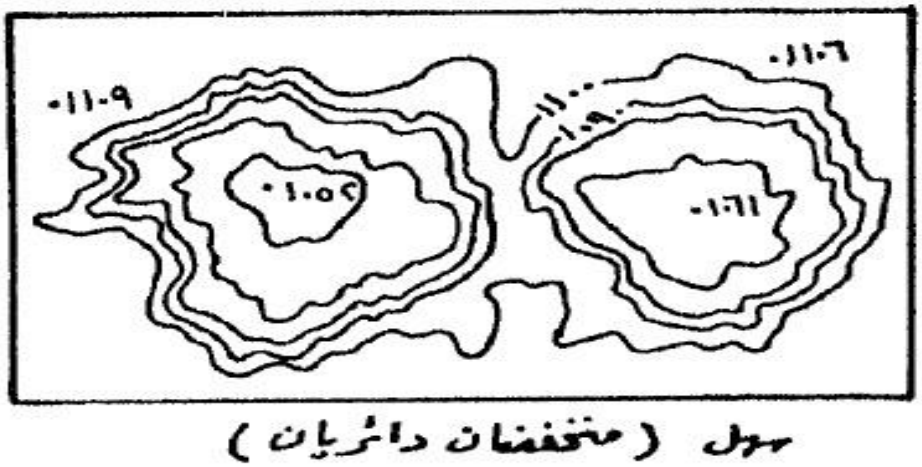
يتألف سطح الأرض من ثلاثة عناصر تترابط فيما بينها بطرق مختلفة فتعطى أشكال سطح الأرض التي سبق عرضها داخل وحدات تضاريسية كبرى هي القمة والمنحدر والسهل. وتأتي المنحدرات في مقدمة تلكم العناصر حيث تحتل مساحات واسعة من سطح الأرض بينما تشغل القمم والسهول مساحات محدودة.

والقمة هي المنطقة التي تلتقي عندها أعالي المنحدرات، أو بعبارة أخرى المنطقة التي تشرف على منحدرات تهبط نحو الأسفل أي نحو الأرض السهلية المنبسطة المجاورة. وقد تكون القمة نقطة أو خط أو مساحة مستوية. (شكل ٢٩).



شكل (٢٩)

أما السهل فهو المنطقة المنخفضة محلياً أي نسبياً عما يجاورها من مرتفعات، وتلتقي عندها أسافل المنحدرات. والسهول من الناحية الهندسية عبارة عن خط متعرج ينحدر انحداراً خفيفاً، وغالباً يرتبط هذا الخط بمجرى مائي تشرف عليه المنحدرات الجانبية. ونادراً ما تلتقي المنحدرات في أسفلها عند نقطة إلا في حالة المنخفضات القمعية ومنخفضات فوهات البراكين والمنخفضات الدائرية المغلقة. (شكل ٣٠).



شكل (٣٠)

والمنحدرات هي الأجزاء من سطح الأرض التي تفصل بين القمم والسهول وتمتاز بالزيادة الملحوظة في قيم الانحدار. وبما أن المنحدرات تفصل بين منسوبين أحدهما أكبر من الآخر والفرق بينهما أكبر من الفاصل الكنتوري على الخريطة، فإنها تظهر على شكل خطوط كنتور متتابعة تشير إلى الارتفاع تجاه القمم وإلا الانخفاض تجاه السهول.

الوحدات التضاريسية:

الوحدات التضاريسية هي مجموعة من أشكال سطح الأرض متقاربة في صفاتها ومعالمها ومتواجدة في مكان واحد. والهدف من تحليل الخريطة الكنتورية هو التعرف على الوحدات التضاريسية في المنطقة التي تمثلها الخريطة والتمييز بينها. ويقوم التمييز على دراسة:

١- المنسوب المطلق أي مدى الارتفاع أو الانخفاض عن مستوى سطح البحر وهو يفيد في الوصف، وكذلك المنسوب النسبي أي التضاريس النسبية أي الفرق في المنسوب بين القمم والسهول المجاورة.

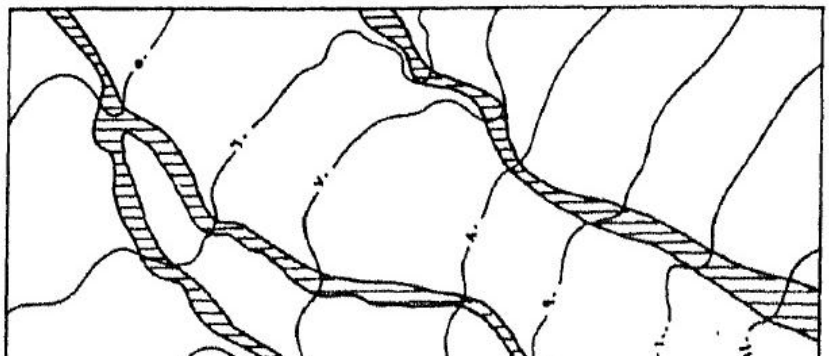
٢- أشكال سطح الأرض السائدة.

ويقوم تصنيف الوحدات التضاريسية على أساس منهجين مختلفين:

المنهج الأول: وهو التصنيف التحليلي لعنصر واحد من عناصر سطح الأرض مثل المنسوب أو قيمة الانحدار، والهدف منه التوصل إلى تصنيف بسيط. فإذا قام التصنيف على أساس المنسوب فيمكن في هذه الحالة تحديد فئات منسوب أو فواصل منسوب يتم على أساسها تقسيم الخريطة إلى مناطق مرتفعة ومناطق متوسطة الارتفاع ومناطق منخفضة، ثم استخدام لون أو ظل متدرج ليبان تلك المستويات وقياس المساحة التي يشغلها كل مستوى ونسبتها على المساحة الكلية، وقد يقوم التصنيف على أساس قيمة الانحدار، وفي هذه الحالة تصنف قيم الانحدار إلى فئات يتم على أساسها تقسيم الخريطة إلى مناطق شديدة الانحدار ومناطق متوسطة الانحدار ومناطق خفيفة الانحدار وتلوينها أيضاً بلون أو ظل متدرجة وقياس مساحة كل شريحة لونية ثم نسبتها إلى المساحة الكلية.

ويحقق مثل هذا التصنيف التحليلي فوائد مهمة تمكن من معرفة مدى تأثير العنصر موضع التحاليل على العناصر الجغرافية البيئية الأخرى. فدراسة مستويات المناسيب تفيد في الدراسات المناخية الخاصة بدرجات الحرارة أو التساقط، وفي الدراسات السكانية مثل دراسة كثافة السكان واختلافها، وفي الدراسات العمرانية مثل دراسة أنماط العمران. أما دراسة الأقاليم الانحدارية فإنها تفيد في الدراسات الخاصة بالعمليات الجيوموروفولجية وتحرك المواد وزحف التربة وتخطيط شبكات الطرق وشبكات الري.

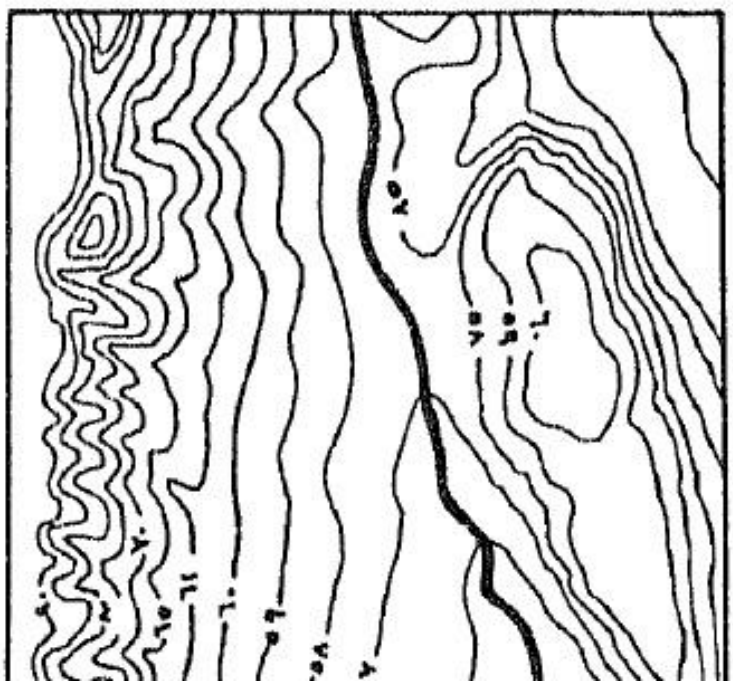
المنهج الثاني: وهو التصنيف الشامل الذي يقوم على أساس المنسوب والتضاريس النسبية وقيم الانحدار وأشكال المنحدرات وأشكال تسطح الأرض. وبناء على تلك المعايير مجتمعة، فإن سطح الأرض يمكن تصنيفه في ثلاث وحدات تضاريسية كبرى هي: السهول، الهضاب، الجبال، كما يمكن تصنيف كل وحدة منها إلى وحدات تصنيفية ثانوية أي أنواع السهول وأنواع الهضاب وأنواع الجبال. (شكل ٣١).

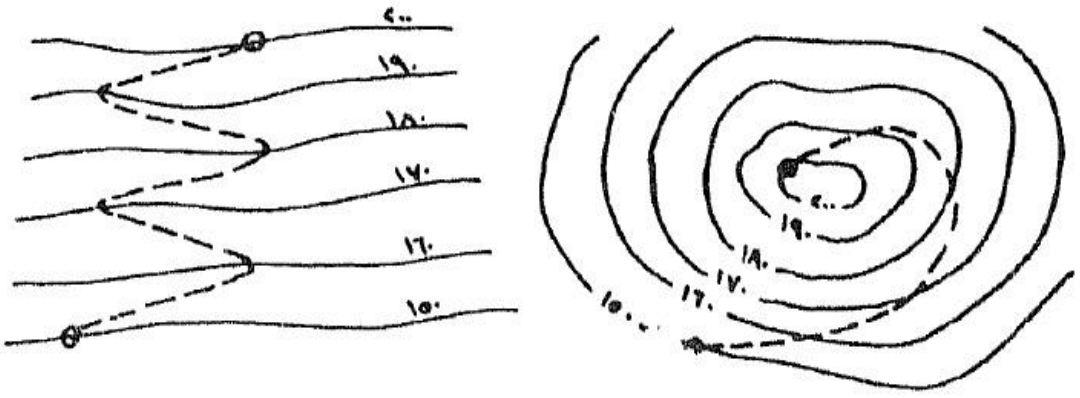


شكل (٣١)

١- السهل:

السهل عبارة عن أرض مستوية أو شبه مستوية وأوديتها سطحية لا تتعمق في السطح. ويشير هذا التعريف إلى أن قيم المناسيب المطلقة في المنطقة متقاربة والتضاريس النسبية ضعيفة، ويترتب على ذلك ضعف في قيم الانحدار وتسطح في أراضي ما بين الأودية. وقيم المناسيب المطلقة غير مهمة في حد ذاتها، فالسهل لا يعني أن المناسيب منخفضة، فهناك سهول قريبة من مستوى سطح البحر وأخرى مرتفعة عنه بكثير. وهذا التعريف أيضاً لا يعني عدم وجود مرتفعات بارزة، بل كثيراً ما نجد مرتفعات منعزلة تعلو سطح السهل وتتخذ شكل تلال أو أعلام أو أعراف منعزلة. كما أن هذا التعريف لا يعني عدم وجود أي انحدار بل أغلب السهول لها انحدار في اتجاه ما، وهناك سهولاً تنحدر بصورة ملحوظة في اتجاه واحد هي سهول أقدام الجبال.





تخطيط الطريق على شكل حلزونى　　تخطيط الطريق على شكل زجزاجى

شكل (٣٢)

المراجع

١-أحمد أحمد مصطفى ، الجغرافيا العملية والخرائط ، الطبعة الثانية ، دار المعرفة الجامعية ، الاسكندرية ، ١٩٩٢

٢-على سالم شكرى وزملاؤه ، المساحة المستوية ، الكميات والميزانيات ، الاسكندرية ، ١٩٨٥
٣-محب الدين حسين وزملاؤه ، المساحة الجيولوجية ومساحة المناجم والأنفاق ، القاهرة ، ١٩٧٠
٤-أحمد أحمد مصطفى ، الخرائط الكنتورية (تفسيرها وقطاعاتها) ، دار المعرفة الجامعية ، الاسكندرية ، ١٩٨٧